



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN APLICADA AL TRÁFICO RO-RO EN EL PUERTO DE SANTANDER

Trabajo realizado por:
Néstor Castanedo Ruiz

Dirigido:
Miguel Ángel Pesquera

Titulación:
Grado en Ingeniería Civil

Santander, diciembre de 2018

TRABAJO FINAL DE GRADO

TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN APLICADA AL TRÁFICO RO-RO EN EL PUERTO DE SANTANDER

Autor: Néstor Castanedo Ruiz

Director: Miguel Ángel Pesquera González

Convocatoria: Diciembre 2018

Palabras Clave: Tecnología Blockchain, tráfico Ro-Ro, nuevas tecnologías, logística, contratos inteligentes.

El puerto de Santander tiene como uno de sus principales atributos el tráfico Ro-Ro, acrónimo del inglés *Roll On - Roll Off*, es decir, toda aquella mercancía que sea rodada. Dispone un total de 600.000 m² para el almacenamiento de vehículos, a través de varias empresas consignatarias.

Sin embargo, aunque esta superficie parezca suficiente para cubrir las necesidades del puerto, no lo es. Hay un gran problema de espacio a la hora de llevar a cabo las operaciones portuarias pertinentes relativas a este tráfico, ya que, a lo largo de un año, transcurren medio millón de vehículos de diversa índole, haciendo insuficiente este área.

No obstante, este conflicto puede ser solucionado con la aplicación de nuevas tecnologías, en concreto, de la reciente e innovadora tecnología *Blockchain*, con tendencia al alza y contrastada en diferentes ámbitos corporativos. Esta nueva tecnología estructura la información, que se distribuye a lo largo de una red descentralizada que consigue otorgar grandes beneficios, tales como la reducción de tiempos, costes, mayor nivel de confianza y varios más que se analizarán en este trabajo. Logra objetivos básicos como almacenamiento, transmisión y confirmación de datos, fundamentales en la cadena logística portuaria.

Esta tecnología se dio a conocer mundialmente con su implementación en la criptomoneda Bitcoin, sin embargo, comprobaremos que su utilidad va mucho más allá.

Al igual que muchos grandes puertos están implementando nuevas tecnologías y llevando a cabo su digitalización, como el puerto de Rotterdam o Hamburgo a nivel europeo, o el de Valencia a nivel nacional, el puerto de Santander debe de seguir estos pasos para poder competir en un mercado donde el cliente marca los ritmos. Puesto que en un breve lapso las compañías comenzarán a demandar estos servicios tecnológicos para llevar sus mercancías a los puertos, es necesario estar a la vanguardia de la tecnología y aportar ese factor diferencial y ese nivel de calidad que otros no puedan para seguir siendo competitivos, eficaces y profesionales.

En un mundo en constante cambio, la adaptación a las nuevas demandas es fundamental para poder resolver los problemas que se nos planteen en el mañana.

Con la aplicación de la tecnología Blockchain a este tráfico Ro-Ro del puerto de Santander, conseguiremos, al mismo tiempo, dar un mejor servicio al cliente, en términos de puntualidad, eficiencia y costes, a la par que conseguir solventar el anteriormente mencionado problema de superficie que surge en nuestro ámbito de trabajo, reduciendo los vacíos y permitiendo que el área de la que dispone el puerto sea suficiente para soportar este tráfico y uno futuro que pueda llegar con la oferta de nuevos servicios tecnológicos.

Centraremos la aplicación de Blockchain en la implementación de contratos inteligentes, Smart Contracts, sustentados en una plataforma en la que colaboren diferentes entidades del ámbito portuario; Autoridad Portuaria, agentes operadores, fabricantes y marcas y consignatarios.

Los Smart Contract que se propondrán en este trabajo consistirán en una serie de reglas, pasos y directrices que se llevarán a cabo automáticamente, vertiendo los datos en las red privada de Blockchain del puerto por parte de las entidades colaborativas para poder realizar un proceso cíclico y automático de manera inmediata y eficaz, sin intermediarios, eliminando rozamientos y consiguiendo una mayor eficiencia y celeridad, tanto en la entrega de documentos oficiales regidos bajo el ámbito legislativo español como en la planificación, distribución y logística portuaria de la terminal Ro-Ro del Puerto de Santander.

La plataforma colaborativa estará formada por cuatro entidades de la cadena logística actual, donde la Autoridad Portuaria jugará el papel de dueño del contrato inteligente y verificará las acciones que lleven cabo sus colaboradores, que se encargarán de compartir los datos y cooperar, de manera que el conocimiento de la mercancía rodada que va a llegar al puerto sea inmediato, consiguiendo tiempo para planificación e, incluso, asignación automática de espacio empleando sistemas de localización en tiempo real (RTLS).

Con todo ello, aportaremos mejoras en los tiempos de operación, reduciremos los tiempos de espera, conseguiremos una mejor distribución y aprovechamiento del espacio de la terminal Ro-Ro, emplearemos una energía limpia, consiguiendo incluso reducir los agentes contaminantes en las zonas cercanas a la bahía, disminuirémos las labores mecánicas y automatizables y estaremos listos para encarar el futuro tecnológico que está cada vez más cercano.

Néstor Castanedo Ruiz

BLOCKCHAIN TECHNOLOGY APPLIED TO RO-RO TRAFFIC IN THE PORT OF SANTANDER

Author: Néstor Castanedo Ruiz

Director: Miguel Ángel Pesquera González

Submission date: December 2018

Key words: Blockchain Technology, Ro-Ro traffic, emerging technologies, logistic, Smart Contracts.

The port of Santander has as one of its principal attributes the Ro-Ro traffic, acronym of *Roll On - Roll Off*, all the merchandise that is rolled. It has a total of 600.000 m^2 for the storage of vehicles, through several consigning companies.

However, although this surface seems enough to meet the needs of the port, it is not. There is a big problem of space when carrying out the relevant port operations related to this traffic, because, over a year, there are half a million vehicles of various kinds, making this area insufficient.

Nevertheless, this conflict can be solved with the application of new technologies, particularly, the recent and innovative *Blockchain* technology, with upward trend and contrasted in different corporate areas. This new technology structures the information, which is distributed throughout a decentralized network that manages to grant great benefits, such as the reduction of times, costs, higher level of confidence and several more that will be analyzed in this work. Blockchain achieves basic objectives such as storage, transmission and data confirmation, important parts of the port logistics chain.

This technology was made known worldwide with its implementation in the cryptocurrency Bitcoin, however, we will check that its usefulness goes much further.

Like many great ports are implementing new technologies and carrying out their digitalization, such as the port of Rotterdam or Hamburg at the European level, or that of Valencia at the national level, the port of Santander must follow these steps in order to compete in a market where the customer marks the rhythms. Since in a short time the companies will begin to demand these technological services to carry their goods to the ports, it is necessary to be at the forefront of the technology and to contribute that differential factor and that level of quality that others cannot to keep on being competitive, effective and professional.

In a constantly changing world, adapting to new demands is essential in order to solve the problems that arise in the future.

With the application of Blockchain technology to this Ro-Ro traffic of the port of Santander, at the same time we will achieve to give a better service to the customer, in terms of punctuality, efficiency and costs, at the same time we solve the aforementioned surface problem that arises in our field of work, reducing the gaps and making the area of the port enough to withstand this traffic and a future that can come with the offer of new technological services.

We will focus the application of Blockchain in the implementation of smart contracts, based on a platform in which different entities from the Port field collaborate; Port Authority, operator agents, manufacturers and trademarks and consignees.

The Smart Contract to be proposed in this work will consist in a series of rules, steps and guidelines that will be carried out automatically, pouring the data in the private network of Blockchain of the port by the collaborating entities to be able to carry out a cyclic and automatic process in an immediate and effective way, without intermediaries, eliminating friction and achieving greater efficiency and celerity, both in the delivery of official documents governed under the Spanish legislative field as in the planning, distribution and port logistics of the Ro-Ro terminal of the port of Santander.

The collaborative platform will consist of four entities of the current logistics chain, where the Port Authority plays the role of owner of the Smart Contract and verifies the actions carried out by its collaborators, who will be responsible for sharing the Data and cooperate, so that the knowledge of the rolled merchandise that will reach the port is immediate, consequent time for planning and even automatic assignment of space using Real-Time Location Systems (RTLS).

With all this, we will provide improvements in the operating times, we will reduce the waiting times, we will achieve a better distribution and use of the Ro-ro terminal space, we will use a clean energy, getting even reduce the contaminant agents in the areas near the bay, we will reduce the mechanical and automated tasks and we are ready to face the technological future that is getting closer.

Néstor Castanedo Ruiz

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES

1.1.	El Puerto de Santander.....	9
1.2.	Terminal Ro-Ro	13
1.3.	El sistema corporativo	17
1.4.	¿Qué es la Digitalización?	18
1.5.	Ejemplo de otros puertos	20

2. OBJETO DEL PROYECTO

2.1.	Aplicación de Blockchain	24
2.2.	Nuevo sistema corporativo	26
2.3.	Digitalización y Automatización	27
2.4.	Adaptación y Evolución	29
2.5.	¿Es necesaria? No, es imprescindible	31

3. ANÁLISIS TÉCNICO

3.1.	Definiciones	33
3.2.	Blockchain, ¿qué es?	35
3.3.	Forma de implementación	39
3.4.	Ámbito de aplicación	41

4. BLOCKCHAIN APLICADO AL TRÁFICO RO-RO

4.1.	Smart Contract	51
4.2.	Datos	64
4.3.	¿Qué aporta la tecnología al puerto?	66

5. ANÁLISIS

5.1.	Resultados	75
5.2.	Dificultades en la implementación	76

6. ÁMBITO COLABORATIVO

6.1.	Gobernanza	79
6.2.	Colaboración	81

7. OTROS ÁMBITOS DE APLICACIÓN

7.1.	Transporte	84
7.2.	Finanzas	86
7.3.	Educación	88
7.4.	Autorías	89
7.5.	Otros	91

8. CONCLUSIONES

9. REFERENCIAS

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Equipamiento y ofertas de la terminal Ro-Ro de Santander.....	10
Figura 2: Imagen aérea del Puerto de Santander	13
Figura 3: Diagrama de la logística portuaria	16
Figura 4: Comparativa entre tecnologías	18
Figura 5: Imagen aérea del Puerto de Rotterdam	20
Figura 6: Ámbitos de aplicación de Blockchain en el Puerto de Rotterdam	21
Figura 7: Fotografía de Christian Spahbier de la terminal Altenwerder	22
Figura 8: Imagen aérea del Puerto de Valencia	23
Figura 9: Beneficios y problemas que solventa la aplicación de Smart Contracts.....	25
Figura 10: Imagen de la colaboración humano y máquina	27
Figura 11: Diagrama de la cadena de bloques	35
Figura 12: Topología de las redes	36
Figura 13: Imagen de la cadena de bloques y su sistema de seguridad	38
Figura 14: Imagen de los diferentes sistemas; jerárquico y colaborativo	39
Figura 15: Funcionamiento de un puerto de contenedores digitalizado y automatizado	42
Figura 16: Diferencia entre los tiempos de entrega del Bill of Lading, empleando el método tradicional y aplicando Blockchain	44
Figura 17: Pasos que sigue un Smart Contract	45
Figura 18: Diagrama del funcionamiento de un Smart Contract y su relación con la red distribuida de Blockchain	46
Figura 19: Agentes que intervienen en la cadena logística del tráfico rodado	49
Figura 20: Propuesta del proyecto. Imagen simplificada de la plataforma colaborativo entorno a Blockchain con la aplicación de Smart Contracts	50
Figura 21: Pasos que sigue un Smart Contract	51
Figura 22: Acceso a la API de Alastria empleando Postman	52
Figura 23: Creación de una identidad digital con la API de Alastria	53
Figura 24: Comprobación de los datos de la identidad con la API de Alastria	53

Figura 25: Registro y huella digital al ejecutar una llamada en un Smart Contract.....	56
Figura 26: Ejecución del contrato B de nuestro Smart Contract	58
Figura 27: Ejecución de una función “Get” del contrato B	59
Figura 28: Ejecución de una función “Set” del contrato B	59
Figura 29: Ejecución de una función “Get” una vez introducidos los valores de la función “Set”	59
Figura 30: Documento expedido al ejecutar un contrato de nuestro Smart Contract	60
Figura 31: Imagen de cómo afecta Blockchain a los documentos	67
Figura 32: Imagen de un software de RTLS	68
Figura 33: Diferencias en la remuneración de las plataformas centralizadas y las descentralizadas	71
Figura 34: Imagen de la localización de contenedores en el Puerto de Rotterdam	73
Figura 35: Tabla de análisis de resultados. Porcentajes de mejora e inversiones necesarias	75
Figura 36: Problemas actuales en la implementación de Blockchain	78
Figura 37: Cambio de gobernanza	79
Figura 38: Ámbito colaborativo	82
Figura 39: Niveles de madurez del BIM	83
Figura 40: Diagrama de la aplicación de Blockchain y Smart Contracts en la cadena del almacenamiento y transporte de paquetes	84
Figura 41: Diagrama de los actores que intervienen en la Movilidad como un Servicio	85
Figura 42: Símbolos de Bitcoin y Ethereum	86
Figura 43: Sistema de tecnología Blockchain en la educación y enseñanza	88
Figura 44: Diagrama de la aplicación de Blockchain en la obtención de autorías	90

1. ANTECEDENTES

1.1. EL PUERTO DE SANTANDER

El puerto de Santander, situado en la Bahía de Santander, bañado por el Mar Cantábrico, es uno de los Puertos del Estado, entes de dominio público, pertenecientes al Ministerio de Fomento y dirigidos por la autoridad del mismo nombre (Puertos del Estado).

La actividad portuaria en esta zona data de más de 2000 años atrás, en la época romana. Desde entonces, y hasta el día de hoy, su labor no ha cesado. Desde el periodo en el que la ciudad recibía el nombre de *Portus Victoriae*, pasando por la Edad Media, los comercios con el *Nuevo Mundo*, la Edad Moderna, hasta llegar a la actualidad, el puerto de Santander ha sido uno de los principales (y en muchas ocasiones el principal) atributos de esta ciudad. Uno de los principales núcleos de actividad y empleo.

Está formado por varios muelles, diques y dársenas, de diferente calado y superficie que pueden consultarse en cualquier momento en la página web del puerto, en el apartado de infraestructuras:

http://www.puertosantander.es/cas/muelles_y_superficies.aspx

Además, cuenta con la Dársena de Molnedo, más conocida como Puerto Chico, donde desde hace años se sitúa el puerto deportivo, la Dársena de Maliaño y la Dársena de Raos, así como otros complejos de interés como la lonja o la fábrica de hielo, situadas en el Puerto Pesquero, el Pantalán y varios faros a su servicio.

Su Hinterland está formado, como es natural, por las comunidades de Asturias y el País Vasco y, desde hace años, con la mejora de las conexiones con la Meseta, las zonas de Castilla y León, parte de Madrid y el Valle del Ebro.

Por otra parte, su Foreland está constituido por países europeos como Reino Unido, Francia, Bélgica, Holanda, Alemania y países sudamericanos como Argentina, Venezuela y Brasil. También mantiene relaciones comerciales con parte de Estados Unidos, Rusia, Sudáfrica, China o Japón.

Dentro de la mercancía general que mueve el puerto, destaca la mercancía rodada. El tráfico de coches, camiones, furgonetas y demás unidades motorizadas provistas de ruedas que son transportadas desde varias partes del mundo hasta este puerto. Este es conocido tráfico Ro-Ro, acrónimo del inglés *Roll On - Roll Off*, y este será el tráfico en el que nos centraremos en este estudio, ya que su importancia es muy notable en la actividad portuaria de la zona. En concreto en la Terminal Ro-Ro de automóviles y vehículos pesados, ya que también hay una más pequeña para productos forestales. Sin embargo, esa terminal es la convierte a nuestro puerto de estudio en uno diferente a los demás.

Una superficie de 600.000 m^2 y casi medio millón de unidades manipuladas al año así lo verifican, siendo un gran porcentaje de las toneladas totales que mueve el puerto al año.

En palabras del propio puerto, “La terminal pública de automóviles del Puerto de Santander ofrece una alta calidad en los servicios, acompañada de bajos costes. Nuestros datos de incidencias, certificados de calidad tutelados por ANFAC, así como los premios otorgados por importantes operadores especializados, reconociendo a Santander como mejor puerto cochero del año, avalan el tratamiento dispensado en nuestras instalaciones a una mercancía tan exigente.”

Equipamiento y oferta de servicios	
2 muelles:	170 m SSS y 800 m para transoceánicos
Calado:	10 y 13 m respectivamente
2 Rampas ro ro:	
Superficie total ocupada:	600.000 m ²
2 instalaciones PDI:	300.000 m ²
Terminal ferroviaria:	3 trenes operando al mismo tiempo (capacidad para manipular 1200 coches/día)
Sistema antiaves	
Tendido eléctrico bajo tierra	
Sistemas de vigilancia y cctv	
Control de accesos	
Control medioambiental	
Más de 300.000 unidades manipuladas al año y capacidad para duplicar el tráfico	
Hasta 15 líneas regulares a través de las más importantes navieras del sector	
Más de 20 marcas del sector de automoción entre nuestros clientes	
Mercados de todo el Mundo atendidos	
24/360	

Figura 1: Equipamiento y ofertas de servicio de la terminal Ro-Ro de automóviles y vehículos pesados del Puerto de Santander, <http://www.puertasantander.es>

Una de las principales razones por las cuales esta mercancía rodada es tan abundante y ocupa tanta superficie del puerto es la presencia de un centro *Pre-Delivery Inspection* (PDI).

Los PDI son una serie de terminales habilitados para, como su propio nombre indica, la inspección, instalación, arreglo y/o puesta a punto de los vehículos que llegan al puerto, antes de ser enviado a los concesionarios o clientes correspondientes. Este terminal PDI del puerto está homologado y cumple los requisitos para que los trabajadores puedan operar con los vehículos, factor diferencial que lo distingue de otros puertos cercanos, que carecen de dichas licencias y, por lo tanto, no pueden tener PDI.

Es por esta razón que mucha de la mercancía que abarcan las dársenas destinadas a este tráfico almacenan vehículos que no vienen para ser vendidos en los concesionarios cercanos a la ciudad, sino que son llevados a otros países como el Reino Unido.

Aquí, en el puerto, se encargan de preparar la mercancía rodada para su correcta entrega, independientemente de su lugar de destino. Por eso, aunque se trate de una ciudad pequeña, por el puerto pasan millares de vehículos, la mayoría de los cuales no están destinados a recorrer las calles cercanas.

Pongamos un breve ejemplo.

Una compañía automovilística, por ejemplo, Renault, trae al puerto, por medio de buques Ro-Ro, una flota de furgonetas, construidas en cadena, en serie, en sus fábricas. Las furgonetas son iguales unas a otras, sin embargo, el receptor, el cliente, quiere adaptarlas y personalizarlas a placer.

Por ejemplo, parte de esa flota tiene como destino el Reino Unido. En el PDI se le instalará la radio, moquetas y demás accesorios que, incorrectamente, se suele pensar que se instalan en la propia fábrica de la compañía automovilística. Se instalan en las terminales *Pre-Delivery Inspection* y por eso es un factor tan importante. Otra parte de esa flota puede que vaya a ser distribuida por la península. En ese caso, generalmente las furgonetas que circulan por España tienen la parte trasera opaca, desprovista de cristal. En la fábrica las preparan con la apertura necesaria para poner las lunas traseras, así que en el PDI se encargan de poner unas placas, del mismo material que el resto de la carrocería, para tapar dichas aperturas.

Como vemos, la labor del PDI es muy importantes y no muchos puertos tienen este sistema, por lo tanto, es un gran factor para aprovechar.

Por último, el Puerto de Santander está concienciado con el desarrollo tecnológico y logístico, la digitalización y la aplicación de nuevas tecnologías y prueba de ello es el centro internacional de tecnología y administración portuaria (CITAP). El CITAP, radicado en el muelle de Maliaño, es un organismo creado para fomentar los elementos anteriormente mencionados. Nacido de un convenio con diferentes entes públicos, entre los que se encuentra la Universidad de Cantabria y Puertos de Estados, para, como dice el propio Puerto en su página web, impulsar una iniciativa de excelencia en el ámbito de la gestión de capital intelectual, de proyección internacional, comprometida con las necesidades del sector portuario en materia de generación, aplicación y difusión de conocimiento en aquellas áreas de actividad propias del mismo.

Tiene el objetivo, en el ámbito de la formación humana, de contribuir a incrementar el capital intelectual del sector portuario y atender las necesidades de profesionalización y desarrollo de competencias de su fuerza laboral, tanto para personal en activo, a través de acciones de formación continua y capacitación, como para aquellas personas interesadas en orientar y desarrollar su carrera profesional, académica o de investigación en dicho ámbito.

Por otra parte, en el ámbito de la innovación e investigación, el CITAP se marca como objetivo el fomentar el incremento de las capacidades tecnológicas y científicas del sector portuario mediante el estímulo de su propio potencial investigador e innovador y el fortalecimiento de la colaboración con centros públicos y privados interesados en la producción y transferencia de nuevos conocimientos aplicables a los ámbitos tecnológico, material, instrumental, organizativo y operacional.

De esta manera, vemos que estamos trabajando con un organismo concienciado y preparado para afrontar los desafíos que se presentan en un futuro inmediato y, para ello, este trabajo tiene el objetivo de adelantarse a ese futuro y estar preparado desde el día de hoy.

1.2. TERMINAL RO-RO

La terminal Ro-Ro del Puerto de Santander es el área concreta donde pretendemos aplicar nuestro proyecto.

Como hemos dicho, la terminal está formada por una superficie de 600.000 m^2 , espacio que se extiende desde la dársena sur de Raos hasta el propio polígono. Esta superficie puede incluso aumentar, debido a las necesidades del puerto y de las compañías consignatarias, ya que recientemente se ha adecuado una superficie de 60.000 m^2 más para labores de tráfico Ro-Ro, cerca de la zona de concesionarios.



Figura 2: Imagen aérea del Puerto de Santander, observándose que la mayor parte del puerto lo forma la terminal Ro-Ro, llena de mercancía rodada.

El tráfico que se dispone en esta superficie está dividido en dos; exportaciones e importaciones, además claramente diferenciadas por la separación física del ferrocarril que llega hasta la terminal.

La zona de **exportaciones** es de carácter público, de la propia autoridad portuaria. Allí, los vehículos llegan, pasan por el First Point Rest (FPR), el primer punto de estancia, donde máximo puede estar hasta dos días, y tras comprobar que todo está correcto son almacenados y distribuidos según lugar de destino. Esta parte de la terminal funciona bastante bien. El tráfico Ro-Ro es conservado allí hasta que una naviera viene para llevárselos a su destino. El tiempo que puede estar un vehículo almacenado en la parte de exportaciones varía porque depende de la frecuencia de la naviera que lo transportará a su correspondiente puerto destinatario.

A su vez, hay dos tipos de exportaciones, las exportaciones que tienen como destino otro puerto cercano y las que, por otra parte, serán transportadas en naviera a un puerto lejano. La frecuencia de una naviera de destinos cercanos ronda los 2 o 3 días, además que su frecuencia es más rigurosa, llegando como mucho a un día de retraso dependiendo de las condiciones de la mar o de otros factores externos. Las navieras que transportarán los vehículos a puertos más lejanos tienen una frecuencia menor, pudiendo llegar a los 10 o 15 días, pero en cualquier caso son frecuencias que están controladas y que no son elevadas, por lo tanto, como decimos, la parte de las exportaciones es bastante eficaz, siendo la presencia de la naviera el único factor limitantes, pero, al fin y al cabo, un factor del que se tiene constancia y conocimiento del tiempo que puede llegar a tardar.

Se puede dar el caso de que llegue un vehículo, por ejemplo, en ferrocarril, y ese mismo día abandone el Puerto de Santander porque una naviera que tiene como destino el suyo propio ha llegado al puerto para cargar tráfico Ro-Ro.

Sin embargo, por otra parte, tenemos la zona de **importaciones**. Esta parte de la terminal, a pesar de que la superficie es de dominio público, se arrienda a las empresas consignatarias, así que tiene un carácter privado. Estas compañías consignatarias que operan en el puerto, a cargo de las importaciones, son tres; BAL, CAT Santander y Síntax Logística.

Actualmente, Síntax y CAT se han fusionado, aunque todavía operan con nombres distintos. En cualquier caso, esta parte de la terminal difiere de la de exportaciones, ya que el tiempo que un vehículo puede estar allí almacenado no depende de una naviera ni un transporte que lo lleve a su destino, principalmente, sino de mucho otros factores que hacen que se requiera mayor superficie para la importación que para la exportación, aunque los volúmenes movidos no sean proporcionales a la superficie empleada.

El tráfico Ro-Ro de importación depende de las ventas propias de la compañía fabricante, de las flotas de camiones encargadas de su transporte, de la correcta adecuación del vehículo para su venta y uso inmediato y muchos factores independientes, muchos de ellos ajenos a la logística del puerto, que hacen que la rotación media de un vehículo de importación sea de media de 9 veces al año. Esto significa que un espacio reservado a almacenar un vehículo esté ocupado por 9 diferentes al cabo de un año, lo que implica que uno de esos vehículos está de media más de un mes en ese espacio. Uno de los objetivos de este proyecto será reducir este tiempo y aumentar las rotaciones medias al año para así conseguir un mejor aprovechamiento de la superficie.

Esta parte de la terminal, en la parte de importaciones, se encuentra el anteriormente mencionado PDI, donde se preparan los vehículos a gusto del cliente, instalando los accesorios, llevando a cabo las inspecciones pertinentes y adecuando el tráfico a las necesidades.

Todo esto desemboca en un mal aprovechamiento de la superficie, con vehículos en doble y triple fila o empleando espacio destinado al tráfico de exportaciones. Por ejemplo, durante la crisis del año 2008 en adelante, las ventas de coches cayeron drásticamente, sin embargo, las fábricas no pueden dejar de hacer eso, precisamente, fabricar, ya que su supervivencia depende de ello. Esto implicó que el tráfico rodado que traía la constructora se almacenase durante mucho tiempo en esta zona mientras esperaba un comprador.

Con el tiempo, la situación financiera global ha mejorado y con ella el número de ventas. Aún así, el problema sigue presente, simplemente porque un modelo no funciona, una mala racha o porque las necesidades de la gente son otras, lo que lleva a coches parados y almacenados durante un tiempo muy superior al óptimo y necesario, y mucho mayor a los 2 o 3 días que puede estar el tráfico de exportación mientras espera una naviera.

La unidades manipuladas en total, entre exportaciones e importaciones, en el Puerto de Santander a lo largo de un año ronda el medio millón, una cantidad muy importante y que convierten el tráfico Ro-Ro en la principal característica de la actividad portuaria. Para que nos hagamos a la idea, la cantidad de vehículos pasan por la terminal es similar al de habitantes de toda la comunidad autónoma de Cantabria.

En concreto, en el año 2016, el Puerto de Santander movió 490.063 unidades, dato del propio puerto, y fue condecorado como el mejor puerto español en tráfico de vehículos. En 2017, último dato del que se dispone, movió 492.168 unidades. http://www.puertosantander.es/ing/notas_prensa.aspx?idElemento=1622&Tipo=MedioComunicacion&origen=home.aspx&modo=detallar

También como referencia, el puerto que más tráfico Ro-Ro mueve a lo largo del año es el de Zeebrugge, una localidad perteneciente a la ciudad de Brujas, en Bélgica, y el volumen que manipula ronda los dos millones y medio de unidades al año. Aunque es un volumen mucho mayor que el de Santander, la proporción no es la misma que un puerto puntero de España en contenedores compitiendo con los mayores del mundo. El mayor puerto de tráfico Ro-Ro mueve entre cuatro y cinco veces más que el de nuestro estudio, pero no es tanta diferencia, por lo que hemos de ser consciente de la importancia de nuestro puerto en este ámbito y, por lo tanto, hemos de fomentarlo, mejorarlo y sacarle partido.

Por último, para acabar de comprender el tráfico Ro-Ro en el Puerto de Santander y en la logística portuaria en general, hablaremos del proceso, de la cadena, y los diferentes agentes que intervienen en ella, desde que se fabrica un coche hasta que llega a su comprador, su usuario.

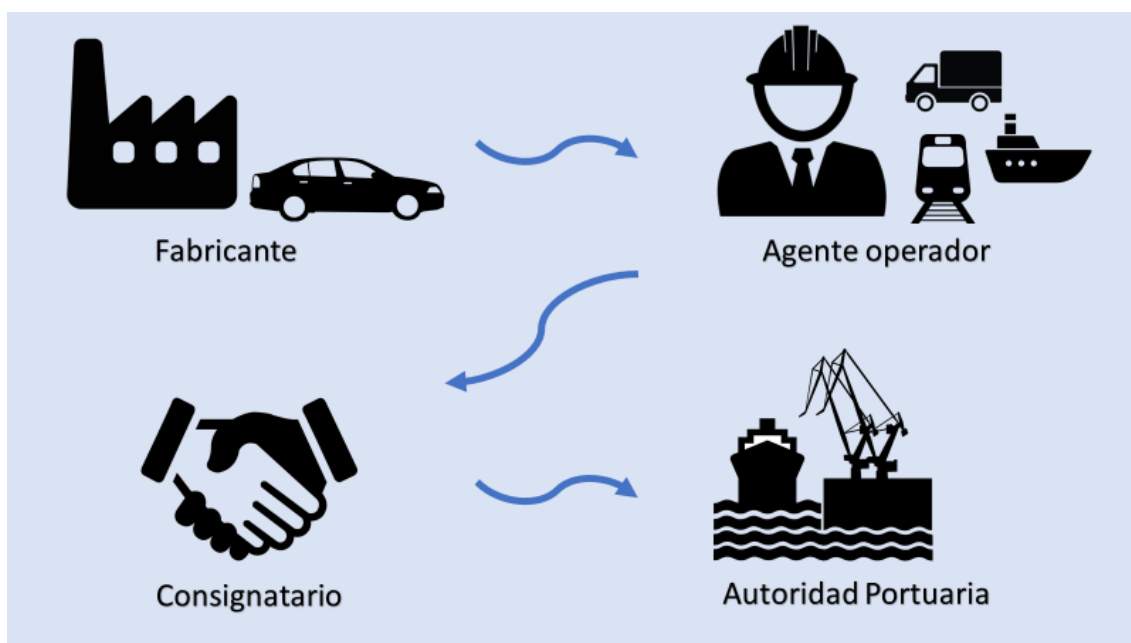


Figura 3: Diagrama de la logística portuaria del tráfico rodado, desde que sale de fábrica hasta que llega y, posteriormente, abandona el puerto.

En primer lugar, el vehículo es producido en la fábrica, por la compañía fabricante, por ejemplo, Renault, el principal surtidor del Puerto de Santander. Una gran cantidad del tráfico Ro-Ro allí presente es de esta marca.

Después, la marca traspasa el vehículo al operador de carga, haciendo un intercambio de responsabilidades y poderes. Este operador, a su vez, subcontrata a un operador de carretera u operador de ferrocarril, depende de cómo vaya a ser transportado el vehículo hasta el puerto.

Una vez allí, la responsabilidad y el vehículo pasan a un nuevo operador de carga, que se asegura de su correcto depósito en la superficie del puerto, en nuestro caso, de la terminal Ro-Ro del Puerto de Santander.

Después, interviene la naviera, el buque encargado de su transporte, donde el proceso se repetirá cíclicamente, aunque de manera inversa, hasta que llegue a su destinatario, su comprador.

Obviamente, durante todo este proceso, se generan varios documentos, necesario e imprescindibles, para que la mercancía pueda ser transportada y para que el siguiente eslabón de la cadena pueda hacer uso de la misma. En general, la presencia de intermediarios y terceras partes conlleva pérdidas de tiempo que podrían solventarse si los documentos se generasen automáticamente y la información de los mismos fuese pública para todos los integrantes del proceso, acelerando notablemente el movimiento de dicha mercancía, en nuestro caso, vehículos y mercancía rodada.

Intentaremos salvar los escollos administrativos, los intermediarios, los vacíos y tiempos perdidos mediante contratos inteligentes o Smart Contracts, que se apoyan en tecnología *Blockchain*.

1.3. EL SISTEMA CORPORATIVO

Aunque el Puerto de Santander sea un ente público, su dirección, administración y organización no difiere mucho de los de cualquier compañía.

A pesar de ser una entidad que depende del Estado, se rige por las normas corporativas, de obtención de beneficios y de competición, unos con otros. De hecho, es el propio Estado el que permite y promueve esta disputa interna (en el sentido empresarial de la palabra) entre puertos de dominio público.

Por lo tanto, el Puerto de Santander tiene que competir con los demás puertos y, más en concreto, con aquellos puertos del norte de España, que comparten con él el Mar Cantábrico; San Sebastián, Gijón, Avilés, Ferrol, A Coruña...

Así pues, a la hora de realizar nuestro estudio, podemos y debemos tratar al Puerto de Santander como una empresa, una entidad corporativo que busca dar un servicio a un determinado número de clientes, siguiendo unos estándares de celeridad, eficacia, eficiencia y profesionalidad para, al final, obtener por ellos unos beneficios, con los que costearse diferentes gastos, tales como sueldos, mantenimientos, reparaciones, innovaciones y tecnología, entre muchos otros.

Por consiguiente, lo primero que vamos a hacer es explicar el sistema corporativo, al cual llamaremos *actual*, a pesar de que, posteriormente, explicaremos el surgir de un nuevo sistema.

El sistema corporativo actual es un sistema jerárquico, donde la toma de decisiones y la ejecución de las mismas siguen un patrón vertical, descendente, donde los dirigentes determinan las acciones a llevar a cabo, las cuales son transmitidas a los siguientes eslabones de la cadena corporativa, según orden de importancia y ámbito de aplicación. Los rangos inferiores llevan a cabo esas decisiones, tomadas para solventar principalmente dos asuntos; la supervivencia de la compañía y que el flujo de beneficios sea mayor al de costes en un determinado tiempo.

1.4. ¿QUÉ ES LA DIGITALIZACIÓN?

No hablamos de digitalización en el sentido de convertir información y documentos a lenguaje informático (que también tendrá importancia más adelante), sino en la digitalización corporativa. Es nutrirse de las nuevas tecnologías y de los artilugios disruptivos de los que nos provee el nuevo mundo para encarar un nuevo sistema de organización y trabajo en el ámbito empresarial.

Esencialmente, el proceso de digitalización, paradójicamente, se centra en el hombre, en moverle y encontrar para él un nuevo lugar en la cadena laboral. Su labor en los procesos mecánicos y manuales ha de concluir. Las máquinas, hoy en día, son capaces de realizar todos los procesos automáticos de manera mucho más rápida, eficiente y con menor umbral de duda, cometiendo muchos menos errores que los que pueden producirse por el factor humano. Por ello, todos los procesos automáticos deben de realizarse por las herramientas mecánicas de las que disponemos.

No obstante, ni mucho menos esta expresión de *digitalización* significa prescindir del hombre. Al contrario, el hombre es fundamental y lo que tiene que hacer es dirigir a la máquina, reposicionarse y realizar labores creativas, innovadoras, de toma de decisiones y de procesos cognitivos y producción de razonamientos que una máquina es incapaz de hacer. Para una correcta digitalización corporativa, el hombre y la máquina deben valerse el uno del otro y trabajar, de manera cooperativa, para obtener el beneficio mutuo que concluya que una optimización de la labor de ambos.

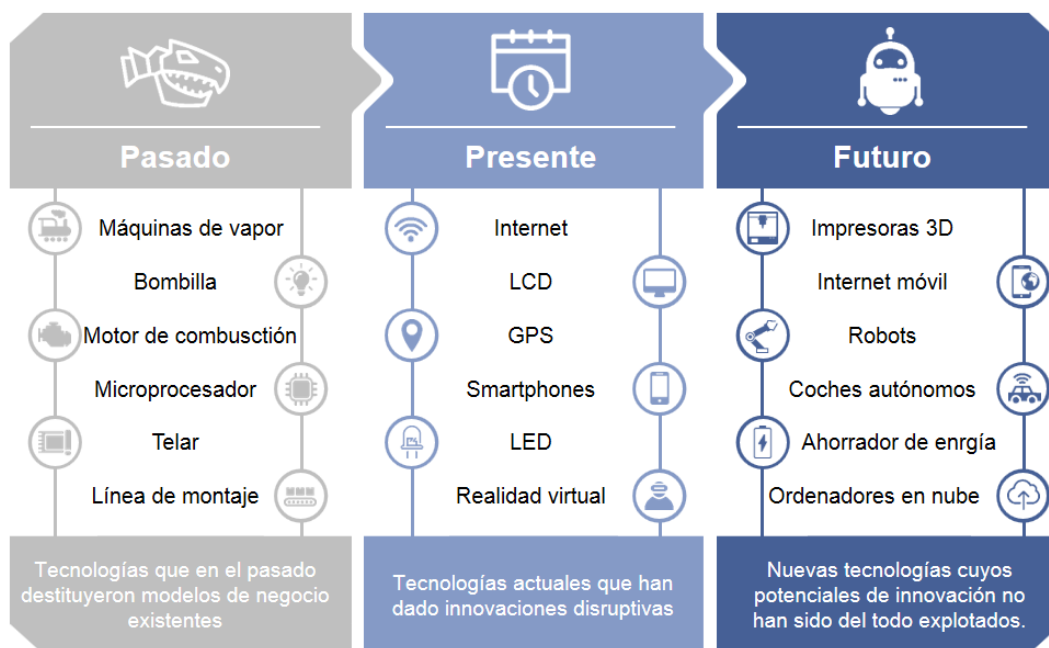


Figura 4: Comparativa entre las tecnologías dominantes y que, en medida, cambiaron la forma de operar en diferentes épocas.

Para ello, dos términos son fundamentales; *Inteligencia Artificial* (IA) e *Internet of Things* (a partir de ahora referido como IoT).

La Inteligencia Artificial es la capacidad de las máquinas, aportada, por supuesto, por el ser humano, de ser flexible y reaccionar de manera diferente antes las situaciones, permitiendo salvar imprevistos. Es una tecnología muy conocida y cada vez más empleada.

El Internet de las Cosas es un concepto menos conocido a nivel de calle pero que se basa, simplemente, en conectar cualquier tipo de objeto, un objeto cotidiano, a Internet y, de esta manera, permitir su análisis en diferentes ámbitos.

En la actualidad se está trabajando en varios dispositivos IoT que permitan controlar y analizar cualquier tipo de objeto. No obstante, es una tecnología que está dando sus primeros pasos y no está tan avanzada como la IA, aunque es un concepto más simple. Los actualmente exitosos relojes inteligentes que nos aportan datos sobre nuestra salud podría ser un ejemplo sobre este tipo de dispositivos. No obstante, se están desarrollando muchos otros, como el recientemente comercializado *Universall*, que conecta a Internet cualquier tipo de objeto al que se le adhiera. <http://www.geeksme.com/universall/>

En nuestro ámbito de trabajo, podremos emplear estos dispositivos para analizar y conocer el estado de la mercancía rodada. Además, nos apoyaremos en sistemas de localización para controlar su movimiento.

Esto es posible gracias a la tecnología GPS, Global Positioning System, así como otras menos conocidas, como RTLS, Real-Time Location System, que se basa en la triangulación para la localización en tiempo real de cualquier tipo de objeto. Esto, unido al IoT y a la IA nos permite entender mejor el concepto de digitalización, no solamente a nivel de documentos o de trabajo online, sino de cambio de sistema de trabajo a un sistema digital, controlado, tecnológico y automático.

1.5. EJEMPLO DE OTROS PUERTOS

A lo hora de llevar a cabo una iniciativa innovadora y disruptiva, es bueno fijarse en los precedentes y otros casos de aplicación de nuevas tecnología al ámbito portuario.

Uno de los más claros es el ejemplo del Puerto de Rotterdam, en los Países Bajos, que se ha distinguido por ser uno de los puertos más grandes e importantes no solo de Europa, sino del mundo. Esto no es casualidad, pues siempre ha sido un puerto que ha caminado de la mano de la tecnología y la innovación. Esto le ha valido para convalidarse en ese lugar privilegiado.

Se trata de uno de los puertos que más contenedores mueve al cabo del año. Para poder hacer frente a toda esa mercancía, ha sido necesario valerse de las más modernas herramientas y artilugios tecnológicos de los que hoy en día dispone el hombre. Reciente, ha puesto en marcha la iniciativa “BlockLab”, creada con el objetivo de aprovechar la tecnología de la que hablaremos más adelante, la tecnología de cadena de bloques, *Blockchain*. Como el propio puerto explica en su página web oficial, BlockLab es capaz de valerse de dicha tecnología para solucionar problemas y mejorar en su eficiencia, empleándola para realizar transacciones sin intermediarios, sumergirse en el nuevo modelo de economía, reducir sus costes de energía y ser más eficientes en el flujo de mercancías.



Figura 5: Vista aérea del Puerto de Rotterdam

Además, recientemente, a principios de verano de 2018, el Puerto de Rotterdam se ha asociado con una compañía especializada en *Blockchain*, CargoLedger, para realizar el seguimiento de cargas. De esta manera, buscan mejorar el control de calidad en la cadena de suministros, aportando seguridad, confianza y eficiencia al trato de la carga. La mercancía podrá ser rastreada desde el propio puerto, permitiendo conocer, no solo su localización, sino también otros valores como temperatura y humedad.

Como vemos, se trata de un puerto muy concienciado con las nuevas tecnologías y con aplicaciones particulares para la que nos atañe, la tecnología *Blockchain*.

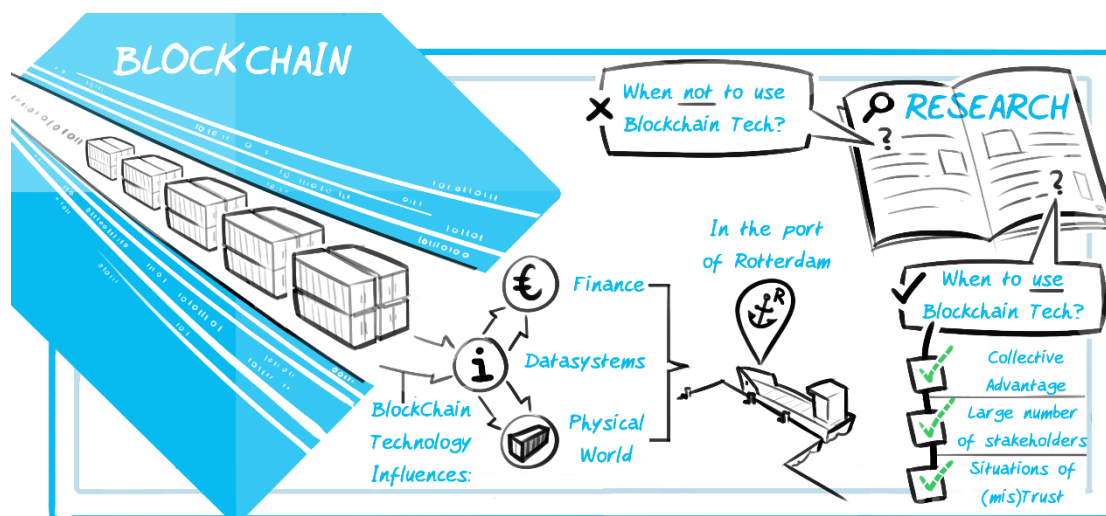


Figura 6: Diagrama de los ámbitos de aplicación de la tecnología Blockchain en el Puerto de Rotterdam.

Por lo tanto, debemos tenerlo como precedente y ejemplo a seguir a la hora de emplear *Blockchain* en el ámbito portuario, además de comprobar, efectivamente, que se trata de un sistema seguro y confiable que nos ayuda a solventar los problemas que surgen en el tráfico de mercancías, a la par que consigue aportar un plus de eficiencia.

Otro de los precedentes portuarios que hemos de tener en cuenta para la aplicación tecnológica en el Puerto de Santander es el Puerto de Hamburgo. La llamada *Puerta al mundo de Alemania* y, al igual que el de Rotterdam, uno de los principales puertos del mundo en cuestión de tamaño y movimiento de mercancías, en concreto, contenedores.

El Puerto de Hamburgo ha desarrollado un aclamado modelo de exportación, valiéndose de la digitalización y del Internet of Things (IoT) para llevar a cabo una automatización de su maquinaria, donde vehículos y grúas sin conductor mueven más de 130 millones de toneladas de carga al año.

Un centro logístico puntero que permite reducir los costes y tiempos, a la vez que se ha conseguido redistribuir al personal que ya no tiene que hacer las labores de manera “tradicional”, sino que se encargan de dirigir a las máquinas y valerse de ellas para poder ser eficaces y competitivos. Como haremos hincapié más adelante, los procesos automáticos están destinados a dejar de ser realizados por el hombre y lo que se tiene que conseguir es recolocar y encontrar un nuevo sitio al ser humano que no puede competir con la máquina en estos procesos, pero que ha de ser el encargado de supervisarla, guiarla y compenetrarse con ella. En este aspecto, el Puerto de Hamburgo está muy a la cabeza.

La Terminal Altenwerder es la terminal de contenedores del Puerto de Hamburgo, donde reciben la mercancía y la transportan en tiempo récord, valiéndose de grúas sobre rieles, vehículos eléctricos y motores de ciclo dual, todo esto alimentado y dirigido por un software de control que ejecuta 165,2 movimientos por hora.



Figura 7: Fotografía de Christian Spahrbier de la terminal Altenwerder del Puerto de Hamburgo

Tal es el éxito de este proceso de automatización que los puertos más punteros y emergentes del mundo, los asiáticos de Shanghái y Hong Kong, han exportado este modelo de digitalización del puerto, en el que la inteligencia artificial tiene un papel fundamental. El IoT permite a cada elemento de la cadena estar conectado con las autoridades portuarias que se encargan de distribuir el emplazamiento o lugar de atraque correspondiente. Esto permite solventar grandes problemas de espacio de manera inmediata, precisamente uno de los principales que estamos tratando en el Puerto de Santander.

Pero no hace falta irnos tan lejos para encontrar más ejemplo de implementación de nuevas tecnologías en el ámbito portuario. Sin salir de la península, tenemos el ejemplo del Puerto de Valencia. A través de una subvención de 5 millones de euros, las autoridades portuarias han decidido colocarse a la cabeza en términos de innovación y tecnología y han determinado invertir este dinero en la implementación de las ya mencionadas IoT y *Blockchain*.

Como vemos, no hace falta una inversión descomunal para llevar a cabo la introducción de nuevas tecnologías y crear un SmartPort. Aunque 5 millones es una cantidad elevada, no lo es tanto para un sector que mueve cantidades mucho mayores. El Puerto de Valencia ha sido pionero en España al dar el paso y tomar la decisión de tener un puerto moderno y vanguardista.

La decisión ha sido muy aplaudida en los grandes sectores económicos. José Luis Bonet, presidente de Cámara España, declaró a *elEconomista* que "la incorporación de avances tecnológicos es crucial para la mejora de nuestra competitividad en el contexto global. Y entre estos avances, destaca sin duda por su reciente irrupción y las posibilidades que ofrece para el ámbito logístico, la tecnología *Blockchain*."

Uno de los primeros acuerdos que se han tomado en este ámbito ha sido que le ha llevado a cabo Valenciaport, la autoridad portuaria de Valencia, con el puerto brasileño de Vitoria, en el que han convenido impulsar un "puerto sin papeles", empleando la tecnología *Blockchain* para prescindir de documentos y paradas innecesarias en la cadena logística gracias a los servicios que aporta esta tecnología.

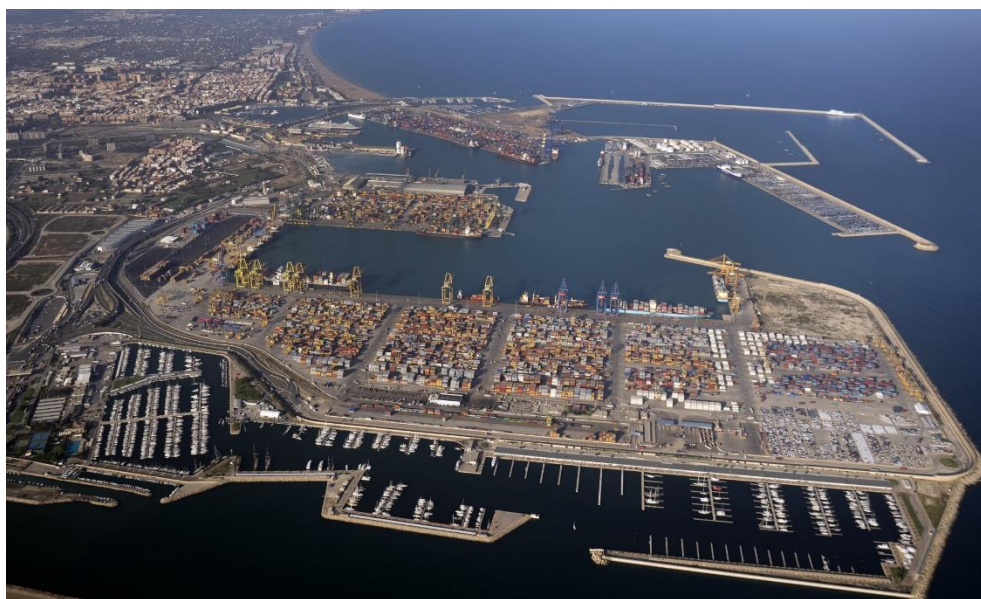


Figura 8: Vista aérea del Puerto de Valencia

Además, el Puerto de Valencia comparte con el de Santander la presencia de tráfico de mercancías rodadas, también de un enorme volumen, así que debemos fijarnos en él para mejorar y tener un puerto cercano al que mirar.

Como vemos, hay numerosos ejemplos y este es el momento indicado para dar el paso y llevar a cabo una "revolución digital" en el ámbito portuario.

2. OBJETO DEL PROYECTO

2.1. APLICACIÓN DE BLOCKCHAIN

Tras haber conocido los antecedentes, el siguiente paso es determinar cuál es el objeto de nuestro proyecto.

Nuestro proyecto se basa en la creación de un SmartPort en el Puerto de Santander y, para ello, nos vamos a centrar en la aplicación de tecnología *Blockchain* como principal valedor que transforme nuestro puerto en un puerto renovado, tecnológico, moderno y que se nutra de dicha tecnología para solventar los problema de espacio y logísticos que se acontecen en él.

La aplicación de *Blockchain* juega un papel fundamental en la consecución de este objetivo.

Con su correcta implementación y la adición de Smart Contracts, o contratos inteligentes, en el entorno portuario, pretenderemos gestionar la superficie de manera más eficiente, conociendo la cantidad de mercancía Ro-Ro que llegará al puerto desde el mismo momento que sale de fábrica. Así, se conseguirá una mejor planificación y distribución del suelo, permitiendo operar con tiempo y llevar a cabo mejores estrategias, a la vez que damos un trato óptimo al cliente.

Veremos que, con la misma superficie, el Puerto de Santander puede ser capaz de abarcar el tráfico rodado que allí transcurre e, incluso, hacer frente a retos más ambiciosos, con la posibilidad de traer un mayor tráfico Ro-Ro a la terminal, ya que esta estará preparada para albergar dicho tráfico, no solo desde el punto de vista superficial, sino desde un punto de vista tecnológico, dotándola de tecnologías que, aunque bien es cierto que todavía están en fase de prueba o experimental, pueden que dentro de unos años dominen el mercado y hay que estar listos para ese momento.

Además, esta tecnología servirá de factor diferencial a la hora de que las marcas elijan el Puerto de Santander y no otros con sistemas más tradicionales.

Otro punto interesante en el que haremos hincapié es la colaboración necesaria entre entidades, para la correcta implementación de esta tecnología en el puerto. El ámbito colaborativo es uno de los puntos donde radica la innovación y la particularidad de esta tecnología, ya que aporta unos niveles de confianza garantizadas, debido al propio carácter de la red, donde los datos están protegidos, cifrados y son inmutables, de manera, que lo que fomenta y necesita una red *Blockchain* es compartir y distribuir información entre actores que formen parte de la misma cadena, algo extraño en el sistema corporativo actual.

La información se almacena y registra en forma de bloques, que estudiaremos más a fondo en el apartado de análisis técnico, [3.2.](#), para ver por qué son tan seguros los datos allí vertidos. Después, estos bloques se distribuyen a la largo de una red descentralizada, generando cadenas de bloques de donde proviene el nombre de la tecnología.

Con todo esto, el objeto de nuestro proyecto es aplicar esta tecnología de cadenas de bloques para aprovechar sus beneficios, obteniendo **ventajas** de dos maneras, fundamentalmente; permitiendo al puerto tener conocimiento de manera inmediata de la carga que va a recibir para poder redistribuirla con antelación y generando documentos oficiales también de manera inmediata y automática para poder evitar la pérdida de tiempos en ese ámbitos.



Figura 9: Beneficios y problemas que solventa la aplicación de Blockchain y de Smart Contracts.

Así, empleando *Blockchain* y obteniendo dichas ventajas, pretendemos solventar el problema de espacio en el puerto en la terminal Ro-Ro.

2.2. NUEVO SISTEMA CORPORATIVO

No hay que quedarse en la forma. La aplicación de *Blockchain* implica mucho más que simplemente añadir una herramienta innovadora. Para que su implementación tenga sentido hay que fijarse en dos cosas; el ámbito de aplicación y la forma de aplicación.

Para la correcta introducción de *Blockchain*, se ha de dar un nuevo sistema corporativo, de gobernanza, marcado por un término: colaboración.

Como veremos más adelante, *Blockchain* se sustenta sobre una red descentralizada. Para aprovechar esto al máximo, volvemos a incidir en el carácter cooperativo y colaborativo, no sólo dentro una misma entidad, como pueda ser el puerto o la Autoridad Portuaria, sino entre varias compañías que vayan a realizar conjuntamente una labor, intentando obtener todas ellas un beneficio, que les incite a emplear este nuevo sistema.

Esta será la forma de implementarlo que se marca como objetivo este proyecto.

El ámbito de aplicación; la terminal Ro-Ro y su proceso logístico, intentando salvar tiempos, aprovechar mejor el espacio y dotando a la logística actual portuaria de una plataforma basada en una red *Blockchain* y en contratos inteligentes donde se consiga el conocimiento y los documentos legales necesarios para el correcto desarrollo de la actividad de manera inmediata y automática.

Además, el nuevo sistema corporativo se basará, aparte de lo dicho en párrafos superiores, en un enlace y entendimiento con las máquinas, fomentando el binomio hombre + máquina, para poder hacer posible esa automatización a niveles completos de implementación y, por otra parte, introduciendo un nuevo sistema de gobernanza, que cambie el itinerario de la toma y ejecución de las decisiones, pasando de una jerarquía vertical a una jerarquía distribuida, pasando de cadena a red.

2.3. DIGITALIZACIÓN

Nuestro objetivo es la obtención de un puerto digital, tecnológico y renovado y, siguiendo el ejemplo del Puerto de Hamburgo, la digitalización explicada anteriormente es un término clave. A menor escala, pero con el mismo fondo, buscaremos reducir lo máximo posible el papel del hombre en los trabajos mecánicos que se puedan hacer de forma automática.

Como hemos explicado, esto no significa prescindir de los recursos humanos, pero sí redistribuirlos a tareas logísticas y basadas en un espíritu colaborativo con las máquinas, que realizarán las tareas repetitivas y automatizables, mientras que el ser humano aportará eso que ellas no pueden, dirigiéndolas, dotándolas de creatividad y de capacidad de reacción ante imprevistos en los procesos realizados automáticamente.

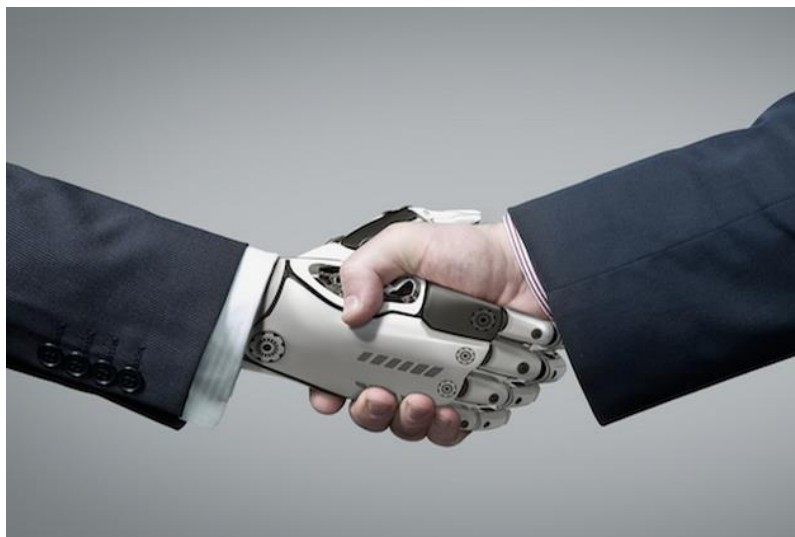


Figura 10: Colaboración humano y máquina, indispensable para un correcto proceso de digitalización.

Nos basaremos en IoT e IA para dotar a nuestro puerto de este carácter digital. De esta manera, los vehículos o tráfico rodado de la terminal serán transportados automáticamente, de manera más eficiente y más rápido por otros vehículos automáticos, donde el hombre sea encargado de dirigirlos.

Además, esto será posible porque la mercancía estará localizada en todo momento por dispositivos RTLS, Real-Time Location System, sistemas de localización y triangulación, similares al GPS, pero basados en objetos, con lo que toda mercancías estará sometida a un sistema de seguimiento en tiempo real. Así, por otra parte, conseguimos tener pleno conocimiento de la superficie de almacenaje de la terminal Ro-Ro que está disponible y de la que está ocupada.

Como vemos, la tecnología es indispensable para la digitalización del puerto. Y todo esto es posible gracias a un sistema, una plataforma, que ponga en conocimiento todos los elementos, las relaciones, elimine fricciones, cree confianzas y, finalmente, automatice el conjunto del proceso de manera eficiente.

Esa tecnología es Blockchain.

La red descentralizada de la tecnología *Blockchain* nos permite volcar en ella pautas, contratos, comandos... que, finalmente, terminarán por automatizar todo el proceso, con confianza y veracidad de que los datos vertidos son correctos y los documentos oficiales, posteriormente expedidos, son legales y correctos, obteniendo estos últimos de manera inmediata.

Esto se consigue gracias a los contratos inteligentes o Smart Contract, que se crean basándose en *Blockchain* como plataforma para, después, ejecutar de manera automáticas los eventos que en dicho contrato aparecen.

Estos contratos, de los que hablaremos y analizaremos a fondo más adelante, son los que permiten una cooperación fiable entre entidades, donde se nos asegura que la información que vierten en la red es veraz, a la vez que hacen pública dicha información al resto de integrantes, permitiendo tener pleno conocimiento de los datos desde el primer momento y consiguiendo un valor de tiempo y espacio fundamental y que se puede invertir en otras labores, ya que el sistema ha sido automatizado.

Con todo esto, conseguimos nuestro objetivo de tener un puerto digital y automatizado, un Smart Port, donde las acciones las llevan a cabo las máquinas, guiadas por el ser humano, respondiendo a las acciones predeterminadas en contratos inteligentes en un consenso colaborativo entre varias entidades, integrantes de la actual cadena logística. Con ello, conseguimos eliminar vacíos, ser más eficientes, redistribuir recursos y automatizar los procesos manuales y repetitivos, todo gracias a tecnologías como IoT, IA, RTLS, GPS, SC y, en un nivel superior, gobernando todo el proceso, *Blockchain*.

2.4. ADAPTACIÓN Y EVOLUCIÓN

Estos términos vienen acompañados de otro: ecosistema.

Al igual que en la naturaleza, la supervivencia de un ecosistema, y de los seres que cohabitan en él, viene dada por su capacidad de adaptación y evolución. En el ámbito corporativo es exactamente igual.

¿Cómo conseguimos adaptarnos y, por ende, evolucionar?

El principal error radica en continuar haciendo lo mismo que ha llevado al éxito en épocas anteriores. Sobre todo, las compañías que producen bienes de gran calidad son las más susceptibles de sufrir este percance.

Pongamos dos ejemplos rápidos de fracasos de grandes compañías por no ser capaces de adaptarse a las necesidades a las demandas del momento.

La conocida marca de cámaras, *Kodak*. De los mejores creando su producto, cámaras, y llevándose grandes beneficios en el proceso de revelado. ¿Qué paso con esta compañía? La aparición de la cámara digital supuso un punto de inflexión en el mercado de la fotografía. Muchos de los trabajadores intentaron apercibir a la compañía *Kodak* de este nuevo concepto, para poder adaptarse a las nuevas tendencias y poder sobrevivir a una nueva época. Sin embargo, los directivos de *Kodak* decidieron continuar haciendo lo que mejor sabían hacer, cámaras fotográficas tradicionales. “Somos los mejores haciendo cámaras, así que haremos cámaras”. La falta de adaptación llevó a una compañía puntera en los años noventa a comenzar su caída hasta que en 2012 entró en concurso de acreedores.

Otro ejemplo, mucho más cercano, en el ámbito local, podría ser el de las librerías cántabras *Estvdio*. Punteras, referentes y llenas de gente. Su ingente cantidad de libros a disposición de una alta gama de gustos y edades la convertía en un negocio de éxito en el ámbito regional. Sin embargo, la llegada de los libros electrónicos y, sobre todo, de la venta a través de internet supuso un cambio en las editoriales y librerías. *Amazon*, *eBay*, *e-book* ... Gigantes internacionales que acabaron convirtiendo las librerías en meros escaparates para que luego, el cliente, comprase el libro que le había llamado la atención en estos soportes virtuales.

¿Supo adaptarse la librería cántabra? Continúo haciendo lo mismo, pensando que por tener más libros en stock iba a vender más, lo que ha llevado a esta compañía a cerrar varias de sus tiendas, entre ellas, conocidos establecimientos como los que disponía en las grandes superficies comerciales, que la convirtieron en una de las más transitadas de Santander.

Los ejemplos son incontables; *Blockbuster*, cadenas hoteleras, la industria del taxi, productoras musicales... todas ellas en decadencia y sustituidas por otras que sí supieron adaptarse a las demandas del cliente y de los tiempos, como *Netflix*, *Airbnb*, *Uber* o *Apple*.

Nosotros hemos de intentar evitar esto. Incluso en el ámbito local, la capacidad de adaptación y supervivencia son clave para el éxito de cualquier compañía, incluso una pública. Para ello, las nuevas tecnologías son claves.

Y, como se explicaba antes, la analogía del ecosistema nos ayuda a comprender y solventar estos problemas que surgen a la ahora de la adaptación y la supervivencia. Para ello, nuestros “seres vivos” del ecosistema serán los datos. Datos que, hoy en día, no hay excusa a la hora de obtenerlos y de tratarlos. Tenemos a nuestra disposición disruptivas herramientas que ponen el dato al alcance de nuestra mano.

Para ello, para que el ecosistema esté vivo, hemos de hacer que el dato fluya, que esté vivo también. Para ello, lo primero es captarlo, mediante sensores.

Una vez que disponemos de él, hemos de gestionarlo, ¿qué hacer con él?, redistribuirle. Si el dato no fluye, está muerto y su importancia decae drásticamente. Por ello, lo gestionamos, mediante tecnología *Blockchain*, compartiéndolo en una red descentralizada, lo que lo hace inmutable, seguro y le dota de “vida”.

Por último, repetimos este proceso, mediante Inteligencia Artificial que lo haga de manera automática. Así, nuestro ecosistema fluye, está vivo. Además, para estimular este proceso, necesitamos una motivación, que aportaremos en forma de *token*, que explicaremos más tarde, en el análisis técnico.

2.5. ¿ES NECESARIO? NO, ES IMPRESCINDIBLE

La implementación de herramientas que conviertan al Puerto de Santander en un puerto moderno y preparado para el futuro es una necesidad indispensable para poder afrontar los desafíos que depara un porvenir marcado por las demandas del cliente.

Y esas demandas van a ser las mismas de siempre; puntualidad, eficiencia, seguridad, bajo coste... a las que hay que añadir también la compatibilidad con sus sistemas de localización, seguridad e incluso metodología, y el camino para solventar esto pasa indispensablemente por la aplicación, cuanto antes mejor, de las tecnologías demandadas por el propio cliente.

No se trata solo de salvar un problema de espacio, que también, sino de estar preparados para encarar un futuro donde los servicios tecnológicos, la digitalización y el nuevo modelo corporativo marquen los tiempos.

Como mencionábamos anteriormente, los puertos del estado compiten entre ellos libremente y, por eso, hay que diferenciarse del resto y estar un paso por delante para poder traer ventajas y especialmente en el ámbito del ámbito Ro-Ro, donde las marcas son susceptibles de cambiar de puerto rápidamente, acondicionándose a las exigencias de sus clientes.

Actualmente, el Puerto de Bilbao está ampliando su estructura portuaria para poder abarcar también tráfico Ro-Ro, algo que no hacía hasta el momento. Por lo tanto, en el entorno de Santander va a surgir un poderoso competidor en breves, por lo que hay que ir un paso por delante para evitar que el tráfico que nutre al Puerto de Santander sea desviado hacia Bilbao.

Además, entre los proyectos que está desarrollando esa nueva terminal del País Vasco están como colaboradores Maerks y Tradelens. La primera es una conocida compañía, puntera en el mundo, en su sector, en los transportes y energías y, más en concreto, especializada en el transporte marítimo y muy concienciada con la tecnología, la innovación y la digitalización en el transporte. Es una de las principales operadoras en el Puerto de Rotterdam, del que hemos hablado anteriormente y que es conocido por su implementación de nuevas tecnologías en el ámbito portuario, precisamente de la mano de Maerks. Por lo tanto, hemos de suponer que el Puerto de Bilbao va a importar estas herramientas e implementar innovación y desarrollo a su nueva terminal Ro-Ro, contando con esta compañía como una de sus valedoras.

Por otra parte, Tradelens es una compañía especializada en *Blockchain* y en su aplicación a la cadena logística de mercancías: <https://www.tradelens.com/> “Digitizing the global supply chain” es su lema, por lo tanto, al igual que con la implicación de Maerks, hemos de suponer que el Puerto de Bilbao va a apostar por la tecnología y las nuevas herramientas que están surgiendo, como la tecnología Blockchain, para sacar el máximo partido a su puerto y a su terminal de mercancía rodada y, de esa manera, ganar nuevos clientes y llevar a las marcas a su puerto.

Santander, por cercanía y competencia directa, es uno de los grandes afectados por la nueva aparición de esta terminal bilbaína y ha de, no solo sobreponerse, sino mejorar con la intención de salvar sus vehículos actuales y, además, poder incluso traer más flotas de mercancía Ro-Ro, siendo capaz de manipularlas y tratar con ellas, sin impedimentos de espacio ni tiempos, consiguiendo adelantarse a una época venidera dominada por la tecnología y la innovación. Bilbao parece que va a competir con esas armas así que hay que estar listo.

La competencia es cada vez más exigente y las marcas no son nada conformistas, al igual que los clientes. Si no se les presta un servicio óptimo no dudarán en moverse a dicha competencia.

Además, la posibilidad de aumentar el tráfico, haciendo una correcta gestión de la superficie y de los tiempos, es un desafío que hay que encarar, con ambición, para el desarrollo y la evolución del Puerto de Santander, una de las principales características de la ciudad.

La ambición, hoy en día, es una de las claves para la supervivencia, crecimiento y progreso. Aunque el puerto sea de dominio público y vaya a subsistir ocurra lo que ocurra, muchas personas dependen, directa e indirectamente, de él, así que no cabe duda de que hay que cuidarlo y fomentarlo.

Por lo tanto, como indica el título de este capítulo, podemos concluir que, efectivamente, hoy en día, la innovación, digitalización y la aplicación de tecnologías disruptivas es una necesidad, más conociendo el contexto en el que juega el Puerto de Santander. Conservar y, siendo ambiciosos, mejorar nuestro tráfico Ro-Ro debe ser una prioridad para el puerto y estos puntos clave serán el factor diferencial que lo distingan del resto.

3. ANÁLISIS TÉCNICO

3.1. DEFINICIONES

BLOCKCHAIN: La cadena de bloques o *Blockchain* es una tecnología que permite registrar, virtualmente, todo aquello cuyo valor pueda ser expresado de manera digital, donde la información se agrupa en bloques. A cada una de esas agrupaciones de información, o bloques, se le añade información del bloque anterior, otorgándole seguridad y transparencia. Además, esa información es vertida en una red descentralizada, formada por varios nodos que verifican el contenido de cada bloque y corroboran su información.

P2P: *Peer to peer*. Red de pares o red entre iguales, es un conjunto de ordenadores que forman una red entre ellos y funcionan sin servidores ni clientes. En vez de eso, cuenta con nodos, que son usuarios particulares que forman dicha red. Blockchain emplea una red de pares descentralizada.

HINTERLAND: Zona de influencia territorial de un puerto. La zona terrestre de origen o destino de las mercancías o pasajeros que pasan a través de un puerto determinado.

FORELAND: El área a la que se conecta un determinado puerto, mediante rutas marítimas de exportación o importación. Zona de influencia marítima del puerto.

ICO: *Initial Coin Offering* o *Initial Currency Offering*. Es un instrumento para financiar la creación de una criptomoneda. Los inversores reciben estos ICO a cambio de dinero para subvencionar la moneda. Se puede equiparar con la salida a bolsa de una empresa.

KPI: *Key Performance Indicator*. Indicador clave del rendimiento o medidor de desempeño, es un valor numérico, generalmente porcentual, que nos indica el grado de éxito que se está teniendo respecto a un objetivo concreto prefijado. Los KPI se utilizan en la logística de una compañía para reflejar el estado actual de un negocio y definir una línea de acción futura.

WALLET: Billetera, lugar donde se acumulan los tokens o unidades monetarias recibidas como incentivo y motivación para un servicio, para su posterior cambio a otra unidad monetaria.

MVP: *Minimum viable product*. Un mínimo producto viable es una técnica de desarrollo en la que un nuevo producto se lleva a cabo con los mínimos componentes para su correcto funcionamiento a la hora de ser probado y cumplir las expectativas de los primeros clientes. El producto final se mejora y perfecciona a partir de este producto y los resultados de los primeros probadores.

SHIPCHAIN: Plataforma basada en “*Track and Trace*” que emplea tecnología Blockchain para el transporte y la logística.

SMARTPORT: El equivalente portuario de la *SmartCity*. En *SmartPort*, o *Puerto Inteligente*, es aquel donde las operaciones del puerto y su logística están conectadas empleando una infraestructura digitalizada. La obtención de datos, conectividad y gestión se llevan a cabo de manera automática.

IOT: *Internet of Things*. Ya mencionado anteriormente, el *Internet de las Cosas* es un concepto que vincula e interconecta objetos, objetos cotidianos y rutinarios, con internet, convirtiéndolos en una especie de IA, que nos proporciona continuamente datos de los mismos.

WHITEPAPER: Los también conocidos como *Libros Blancos* son guías que ayudan a entender y resolver un problema. Más que proporcionar una solución, buscan explicar y dar más información sobre un tema. Muy empleado en el sector de los negocios B2B o *Business to Business*.

API: Interfaz de Programación de Aplicaciones. Conjunto de comandos, protocolos y lenguaje que nos permite interactuar con un servicio de manera externa. Es una llave de acceso, que da la posibilidad de hacer uso de un servicio web provisto por un tercero, dentro de una aplicación web propia, de manera segura, como se explica en Internetya. <http://www.internetya.co/que-es-y-para-que-sirve-una-api/>

3.2. BLOCKCHAIN, ¿QUÉ ES?

No es un concepto fácil de entender.

Es una tecnología que almacena y registra la información. Estos registros (bloques) se entrelazan unos con otros (cadena) formando un conjunto cifrado de datos que es lanzado a una red descentralizada, donde los servidores son los propios usuarios de la red que encargan de validar dichos bloques y que la cadena siga progresando. El objetivo de esta tecnología es la eliminación de los intermediarios, pues su labor de corroboración quedaría obsoleta por el propio carácter de la red.

La primera vez que se empleó este concepto fue en el ámbito financiero, con la incursión de tecnología Blockchain en la mundialmente conocida criptomoneda *Bitcoin*, en 2009. Desde entonces, el impacto de la tecnología *Blockchain* ha crecido de la mano de la moneda. Sin embargo, es muy importante diferenciar una de la otra.

Blockchain \neq Bitcoin

Blockchain es la tecnología y *Bitcoin* simplemente una unidad monetaria que ha empleado este sistema. No obstante, no hay que olvidarse de ella. Fue el primer ejemplo palpable de que Blockchain funciona y puede ser implementado en un sinfín de ámbitos diferentes, distintos al de las finanzas.

La tecnología *Blockchain* se basa en almacenar la información de forma segura en forma de bloques. Es un libro de datos distribuido.

Estos bloques están formados por dos partes. Un hash que contiene la información del propio bloque y otro hash que contiene la información del bloque inmediatamente anterior. El primer bloque de la cadena se le llama *génesis* y tiene la particularidad de que no tiene hash del bloque anterior, puesto que no existe.

A partir de ahí, la cadena continúa, enlazando un bloque tras otro. La información que se vierte en un bloque está encriptada y, de ello, surgen una serie de números y letras que forman el hash. La singularidad de la cadena radica en que, en todo momento, se verifica que, cuando surge un nuevo bloque, el hash del bloque previo coincida con el anterior en la cadena. De no ser así, ese bloque se desecha.

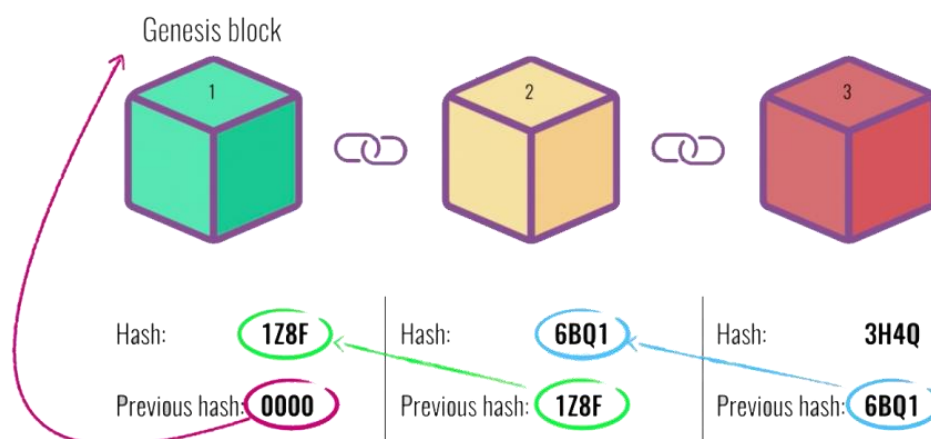


Figura 11: Diagrama de la cadena de bloques.

Pero, entonces, parece que podría ser manipulable y corrompible. ¿Dónde radica la seguridad y confianza de que la información contenida en la Blockchain es inmutable?

La inmutabilidad de Blockchain radica en una de sus principales características; la red distribuida.

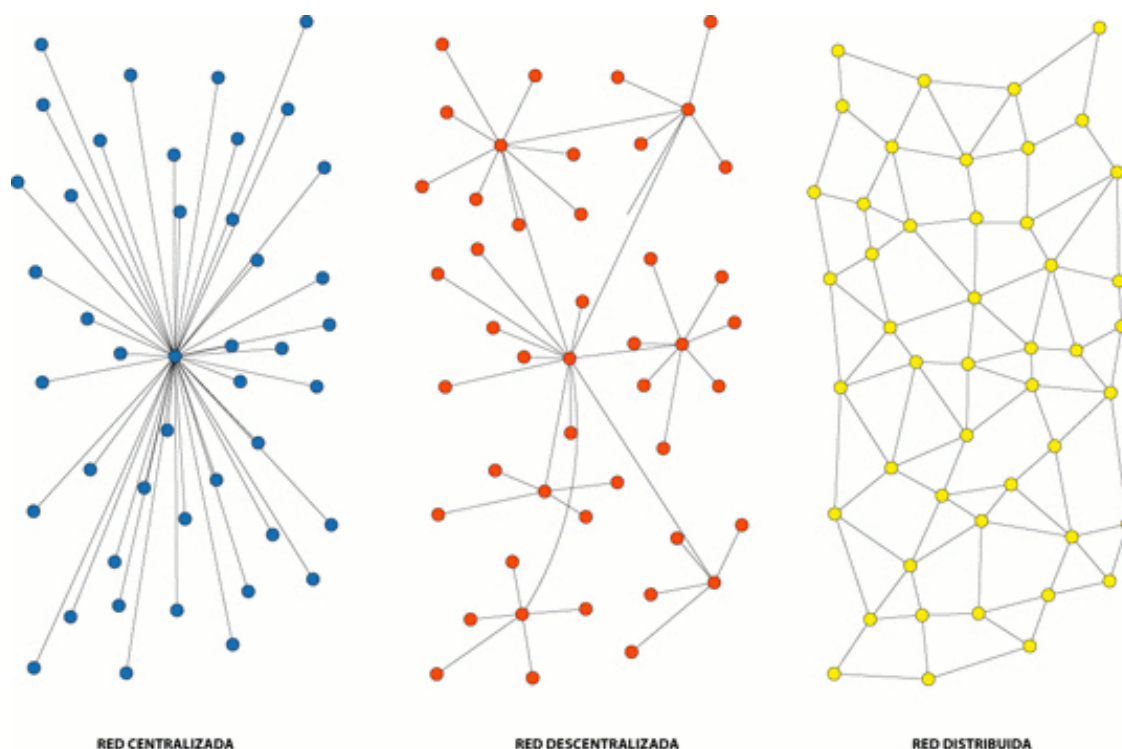


Figura 12: Topología de las redes: Red centralizada, descentralizada y distribuida

Esta característica convierte a dicha red en un sistema independiente. ¿Qué quiere decir esto? Que no es un instrumento, una tercera parte, que busque una rentabilidad por ello. Al contrario, la red está formada por usuarios que no tienen vínculos entre ellos y que su beneficio llega por la compensación, en forma de tokens, como recompensa por formar parte de la red y de validar dicha información que, de otra manera, solo sería segura y confiable con la presencia de una figura adicional, un “notario” que diese fe de que los datos vertidos en dicha red son verídicos. En este caso, esa figura es totalmente prescindible.

Pongamos como ejemplo el anteriormente mencionado *Bitcoin*. Esta criptomoneda cambió el mundo de las finanzas al prescindir la tercera persona, aquel que corroborase la información monetaria, en este caso, la entidad bancaria. *Bitcoin* trabaja con una red *Blockchain* en la cual se indica la información relativa a una transacción. La persona A da 50€ a la persona B. Así aparece en la red. Después, bloque por bloque, los datos son distribuidos y corroborados por los miles de usuarios de la red, llamados mineros en el caso de la criptomoneda. De esta manera, se prescinde de las sospechas de vínculos o interés personales, pues la comunidad de mineros no se conoce entre ellos, pues rondan los 50.000 usuarios, ni conocen a las personas A y B y, aunque alguno de ellos lo hiciese y pretendiese, deliberadamente, corromper la información, eso sería imposible, pues un bloque se da por bueno cuando lo han verificado el 51% de los usuarios, una cantidad ingente.

Por otra parte, ¿cuál es la motivación de los mineros? Como hemos dicho, llevarse un reward, percibir una recompensa en su wallet. Siguiendo el caso de *Bitcoin*, los mineros de dicha moneda recibían, precisamente, una cantidad de tokens, en este, los propios *Bitcoins*, por minar los bloques de la red. Como curiosidad, el primer bloque minado de esta criptomoneda fue recompensado con 50 unidades de esta misma, una suma que por aquel entonces no valía nada, pero hoy en día equivaldría a casi 300.000€. Otra curiosidad es que la transacción que corroboraba era la compra de unas pizzas.

Recopilando todo, vemos que esta herramienta nos permite eliminar los intermediarios, pues son eslabones que no tienen sentido ya en la cadena, y esto es de vital importancia para la propia cadena portuaria. Los intermediarios se llevan una parte del tiempo y costes de dicha cadena, unos valores que podrían ser recuperados y reinvertidos en otras secciones. La intermediación produce vacíos, tiempos y zonas muertas, empleadas únicamente en esperar a que la tercera parte confirme, verifique y aporte confianza, unos atributos que con la red descentralizada ya vienen inherentes a ella. Por todo esto decimos que la red es independiente.

La ausencia de intermediarios nos permite, por otra parte, salvar vacíos, eliminar esos tiempos muertos y sin aprovechamientos donde se espera únicamente a que una tercera persona verifique unos datos y pueda continuar el proceso. Con *Blockchain*, este proceso es inmediato, por lo que el número de vacíos se reduce drásticamente.

La tecnología Blockchain sirve para salvar estos problemas de la cadena logística portuaria y es algo que, a pesar de estar todavía en los inicios, ya está siendo llevado a cabo, no es solamente teoría.

Tal y como se explica en los Whitepapers “The Blockchain Potential for Port Logistics”, la tecnología Blockchain añade valor al puerto en cinco parcelas fundamentales:

- Confianza
- Seguridad
- Visibilidad
- Expansión
- Colaboración

La confianza nos la aporta una red descentralizada, independiente, desvinculada de cualquiera de las partes que pueden formar la cadena. “La máquina no siente apego”.

La seguridad nos la proporciona el propio sistema de bloques y el encriptado de la información, donde, incluso intentado manipular los datos vertidos sería imposible, pues el bloque corrompido sería desechado por el resto. Un sistema inmutable y a la vez accesible.

La visibilidad se consigue teniendo en todo momento localizados y registrados los contenedores o, más en concreto en el tráfico Ro-Ro, vehículos, de manera que sabemos su posición y estado sin que un tercero los compruebe continuamente.

La expansión del puerto, o las compañías consignatarias, hacia nuevos mercados que surgen con la implementación de *Blockchain* es inimaginable. La aparición de nuevas oportunidades está disponible gracias a la interconectividad y el ámbito colaborativo.

La colaboración es, precisamente, un punto imprescindible para la correcta implementación y funcionamiento de un puerto digital. *Blockchain* permite compartir la información verificada y retroalimentarse de ello, pero para poder beneficiarse de este último punto es necesario estar trabajando en un ámbito colaborativo, con un cambio de gobernanza.

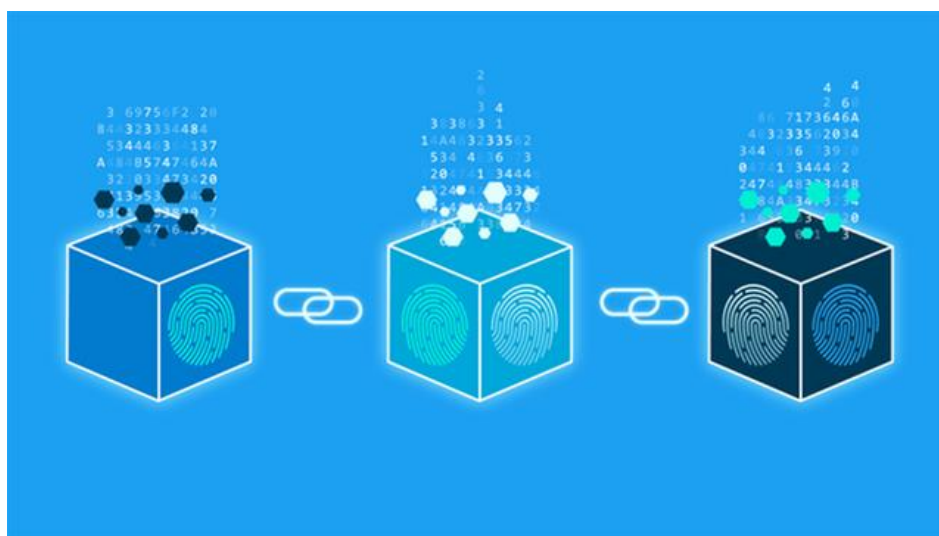


Figura 13: Imagen de una cadena de bloques, con sus valores de seguridad, confianza, cifrado e inmutabilidad.

3.3. FORMA DE IMPLEMENTACIÓN

El mayor error a la hora de trabajar con tecnología *Blockchain* es la implementación de esta, pero manteniendo los ámbitos, rutinas y procedimientos antiguos. No es simplemente el último modelo de exponente tecnológico que tu compañía deba tener para ganar caché. No, la implementación de *Blockchain* va acompañada por un cambio en el sistema corporativo, disruptivo, que permita sacar el mayor provecho a los beneficios que esta tecnología nos ofrece. ¿De qué sirve tener una oficina con los mejores y más caros ordenadores del mercado si los usas únicamente para imprimir los formularios en *Word*? Esto es algo parecido. *Blockchain*, por sí misma, nos proporciona seguridad y confianza, pero el resto de características dependen de nuestra forma de implementación, el obtenerlas o el quedarnos en la superficie, sin llegar al fondo.

Ya hemos visto cuáles son sus atributos y los valores que pueden aportar al puerto y la cadenas logística portuaria en el tráfico Ro-Ro. Ahora, veremos cómo conseguirlo.

En primer lugar, como explicábamos, hace falta la implementación de un nuevo modelo, un nuevo sistema corporativo en la gobernanza portuaria. Esto, aunque suene muy fuerte, no es quitar a las autoridades ni mucho menos. Es necesario que siga habiendo directivo y autoridades competentes en nuestro ámbito y sistema corporativo. La dirección es fundamental y debe ser, precisamente, la encargada de la toma de decisiones y del cambio del sistema.

En un primer momento hemos explicado en qué consiste el sistema corporativo actual y, también, que uno de los objetos de este proyecto es la integración en el sistema portuario del nuevo sistema. Pues bien, este es el cambio que permite la correcta implementación de la tecnología *Blockchain*. Cambiar de un sistema jerárquico a uno colaborativo. Esto no es sinónimo de anarquía, lo que significa es, simplemente, prescindir de los pasos redundantes e innecesarios que únicamente aportan vacíos y pérdida de tiempo y dinero.

El sistema jerárquico sigue un patrón vertical, mientras que el sistema colaborativo presenta la forma de una red.

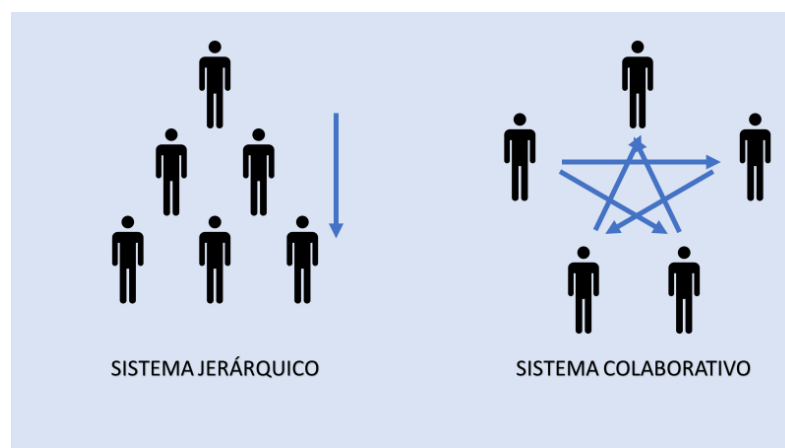


Figura 14: Imagen de los diferentes sistemas; jerárquico y colaborativo.

La cadena vertical produce vacíos a la hora de llevar la información de un eslabón a su inmediato inferior, pues esto generalmente conlleva un tiempo, con el único objetivo de aportar confianza y la confirmación por ambas partes. Más intermediarios. Esto con *Blockchain* desaparece. La cadena ha de transformarse en red, permitiendo tener los datos y la información disponible, en todo momento, por todas partes de, en este caso, la red logística portuaria. Consignatarios, autoridad portuaria, agentes operadores, fabricantes, marcas y usuarios pueden, en todo momento, acceder a la información de la mercancía.

Además, en un intento de llevar el ámbito colaborativo a su mayor exponente, no hay que tener miedo de compartir la información con otros puertos o autoridades que empleen *Blockchain* como medio y herramienta para optimizar su trabajo. El espíritu de *Blockchain* radica en la fomentación de esta colaboración dentro de los usuarios y beneficiarios del ámbito del tráfico Ro-Ro, pero también con otros usuarios externos, incluso aunque se trate de competidores, más aún en un ente público.

La disrupción digital conlleva este cambio, disruptivo también. Los expertos hablan de que estamos ante una cuarta revolución industrial y esto implica, obligatoriamente, un cambio de sistema. El Instituto Tecnológico de Dublín coincide en esto y además señala los patrones de una disrupción digital:

- La disrupción digital no conoce fronteras
- La disrupción digital transforma el sistema jerárquico en red
- La disrupción digital suele acabar con las vacas sagradas

Todo esto no es más que un sinónimo de cambio, de cambio de jerarquía a colaboración, de verticalidad a red, de retención de datos a compartir. Un cambio necesario, si no, estaremos perdiendo oportunidades y continuaremos haciendo lo mismo solamente que con una tecnología vanguardista.

3.4. ÁMBITO DE APLICACIÓN

En este apartado explicaremos dónde y cómo aplicar la tecnología Blockchain y las herramientas que nos permitan llevar a cabo la digitalización del Puerto de Santander y, más en concreto, de la terminal de tráfico Ro-Ro, de manera correcta.

En un entorno ideal, el primer elemento de la cadena en el que deberemos introducir nuestras herramientas tecnológicas es, inequívocamente, los contenedores y la mercancía. Todos nuestros vehículos deberían llevar incorporados **sensores** que nos permitan, en un primer lugar, localizar las unidades, tenerlas en todo momento rastreadas. Además, estos sensores nos proporcionarán informaciones relativas a su estado; temperatura, humedad...

Como segundo paso en la cadena logística, necesitaremos implementar un **sistema analítico** basado en *Big Data* y *Business Intelligence*. La definición de este último término es el conjunto de aplicaciones, infraestructura y herramientas, y las mejores prácticas que permiten el acceso y el análisis de la información para mejorar y optimizar las decisiones y rendimiento. Esta aplicación nos permitirá observar nuestro progreso y nuestro rendimiento, con todos los datos que obtenemos continuamente, a tiempo real, como emplea el puerto de Algeciras, mediante su proyecto *Brain Port Analytics*.

A continuación, llega uno de los pasos más importantes, al menos para nuestro entorno de trabajo. Necesitamos de una red *Blockchain*. Tenemos dos opciones; crear nuestra propia red o emplear una ya existentes. Para la primera, necesitaríamos disponer de los nodos para establecerla y, como esto no es complicado, pero puede llevar mucho tiempo, vamos a optar por introducirnos en una red ya existente, en este caso, nuestra elección será la red de cadena de bloques Ethereum.

Ethereum. Esta red es fiable, está testeada y lleva años operativa. Es conocida, al igual que *Bitcoin*, por su criptomoneda, una de las que más años ha crecido en el sector especulativo de las finanzas, pero, al contrario que el archiconocido *Bitcoin*, esta red no se dedica únicamente a las transacciones. Por eso, decidimos emplear este sistema.

A continuación, debemos preparar todos y cada uno de los nodos para su funcionamiento en esta red. Todos los ordenadores y sistemas operativos que tengan cabida en nuestra red, que participen en el análisis y tratamiento de los datos obtenidos, serán configurados para su puesta en marcha.

Los requisitos del hardware de nuestro nodo no son muy elevados:

- CPU: Intel Core de 4ª generación o superior
- Memoria: 4GB o más
- Almacenamiento: Mínimo 512GB o 1TB SSD
- Velocidad de conexión: 100Mbps

Con nuestra red ya operativa, deberíamos proceder a la elaboración de **Smart Contracts**, de los que hablaremos más adelante, pero que podemos definir de manera rápida por un conjunto de leyes, comandos y acciones que se ejecutan de manera automática, empleando la red de *Blockchain*, y que muestra, de manera pública, a las entidades participativas del proceso los datos e información pertinente de la mercancía que está siendo tratada. Los Smart Contracts nos permiten automatizar, además, la expedición de documentos oficiales.

Una vez que nuestro proceso está automatizado. Se ejecutará físicamente, con ayuda de medios mecánicos y vehículos sin conductor, de manera semejante a la terminal Ro-Ro de Hamburgo. Grúas sin rieles, coches eléctricos... en general, **maquinaria provista de IoT** que lleve a cabo los comandos del Smart Contract sin la necesidad de interventores, ni siquiera humanos que las dirijan. Como dijimos anteriormente, la labor del hombre está en preparar y colaborar la máquina para que estas puedan realizar más eficientemente la labor física.

Con todo esto, solo faltaría el proceso en el que el tráfico rodado deja el puerto, bien por carretera, ferrocarril o transporte marítimo, llevado hasta su transportista, de nuevo, por una máquina guiada automáticamente, para que se repita el proceso cíclicamente una y otra vez. Así, tendríamos nuestro puerto digitalizado y listo para afrontar el futuro tecnológico en las mejores condiciones. Un **Smart Port** a la altura de las circunstancias de futuro.

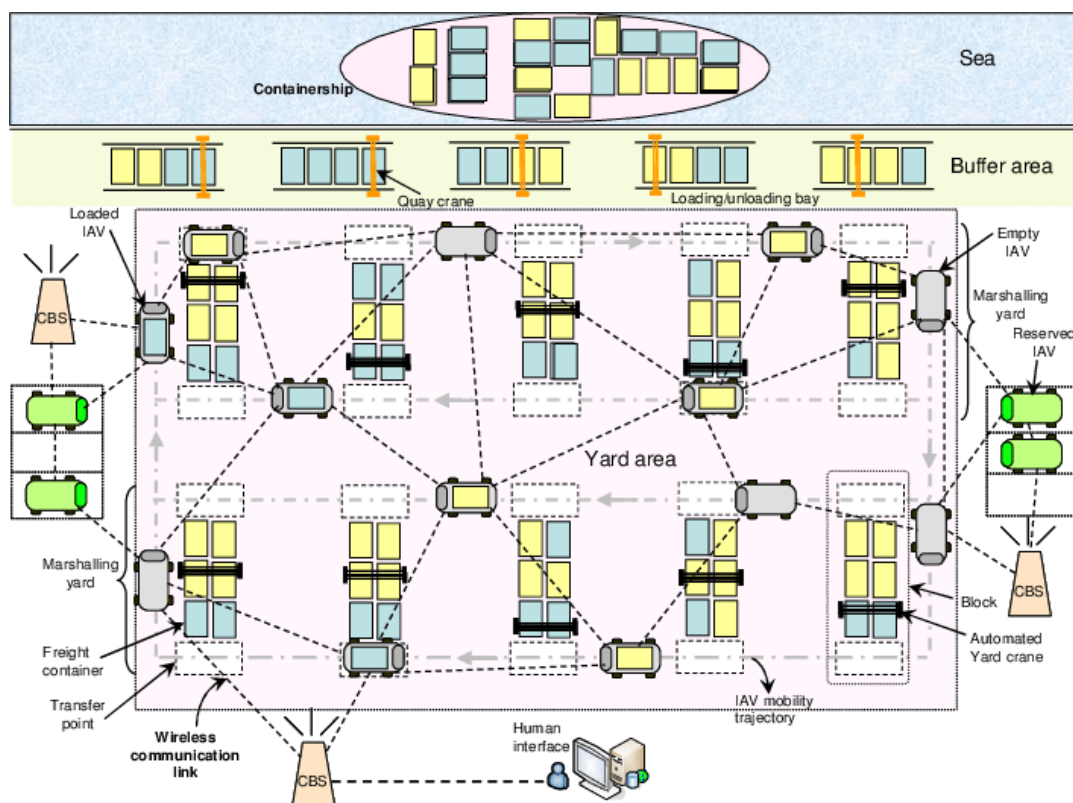


Figura 15: Imagen de un puerto digitalizado y automatizado, en este caso, de contenedores. La mecánica con mercancía rodada sería la misma.

Todo esto sería en un entorno ideal, mediante un proyecto de digitalización completa del puerto, donde las autoridades portuarias, consignatarias y demás eslabones de la cadena cooperaran de manera conjunta para fomentar los objetivos propios y globales. Sin embargo, siendo consciente de las trabas a la hora de implementar el sistema completo en el conjunto total del puerto, nos centraremos en temas concretos, asuntos que ralentizan el proceso, produciendo que el receptor final, el cliente, no vea satisfechas sus necesidades y pudiendo solucionarse fácilmente con la implementación de tecnología *Blockchain*.

Nos centraremos en dos factores:

- Reducir vacíos
- Eliminar intermediarios

La manera más directa en la que *Blockchain* nos ayuda en ese entorno es en la resolución de documentación, necesaria e imprescindible para la correcta maniobra en el puerto. Y no son pocos precisamente los documentos que se realizan desde que un vehículo llega al puerto hasta que sale del mismo.

Actualmente, estos documentos se realizan y envían de manera física, escrita, y se transmiten de manera vertical, queriendo decir esto que una operación no se puede llevar a cabo hasta que el eslabón siguiente de la cadena ha recibido y verificado el documento de la parte inmediatamente anterior, ralentizando esto ostensiblemente el proceso y teniendo como resultado lo anteriormente mencionado, vacíos y tiempos desaprovechados.

Por ejemplo, el Bill of Lading (B/L) o conocimiento de embarque es un documento que expide la autoridad naviera y constata el transporte de una carga o mercancía en las condiciones especificadas. Este documento se emite de forma manual a la autoridad portuaria y, hasta que no es aceptado, no puede procederse a la entrega de la carga. Este proceso tarda entre 5 y 10 días.

Con *Blockchain*, la realización y aprobación de ese documento se puede realizar en 20 segundos, debido a su carácter descentralizado y su inmediatez.

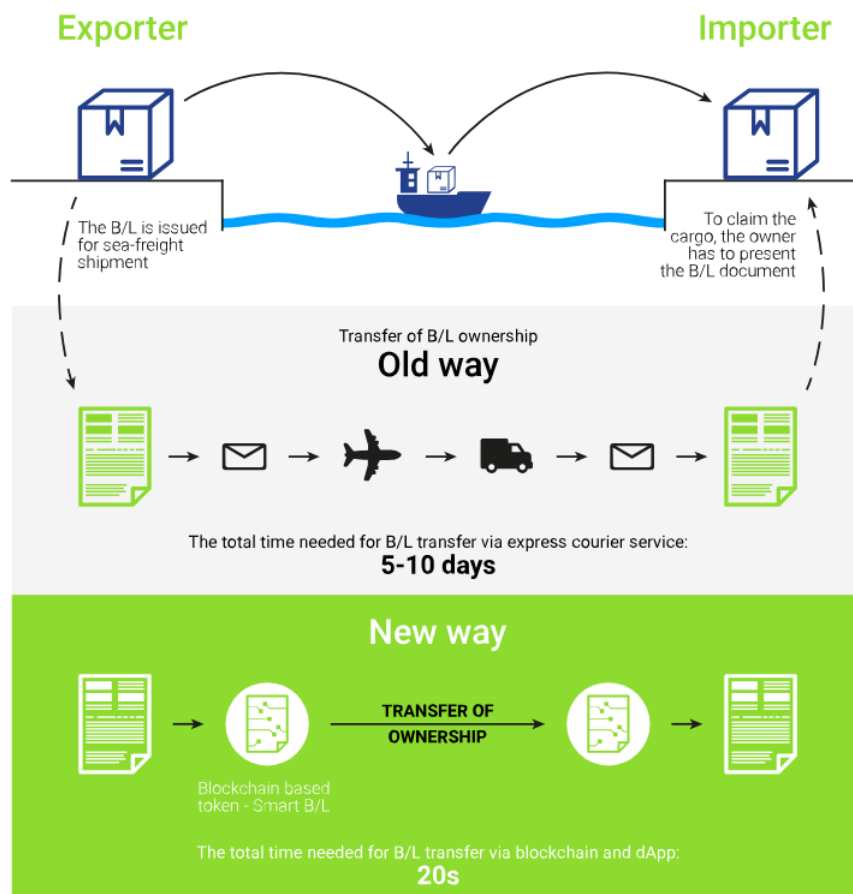


Figura 16: Diferencia de tiempos en la entrega del B/L entre el método tradicional y la nueva metodología, con Blockchain. Imagen de [CargoX](#).

En la logística portuaria existen varios documentos, contratos, que no son más que intermediarios, elementos adicionales de la cadena y que ralentizan todo el proceso. Es por eso, que nuestro siguiente punto de interés es el mecanismo con el que podemos automatizar la realización de estos documentos legales y necesarios para que se siga desarrollando el proceso, los **Smart Contract**. Verificaremos que el avance de la actividad portuaria se lleva a cabo de manera rápida y eficaz, a la vez que cumple con la ley vigente española para todos y cada uno de los pasos que damos, por ello, nuestros documentos, aunque sean digitales, deben ser precisos y contemplar a todos los factores que intervienen y que tienen que tener acceso a ese registro público, a esa red que engloba el Puerto de Santander y, en nuestro caso, la terminal Ro-Ro. Y por ello, nos servimos de los Smart Contracts.

Un Smart Contract, comúnmente abreviado SC, es un contrato, un acuerdo entre dos partes, pero, en este caso, sin una tercera, sin un intermediario que verifique el proceso, pues el proceso es automático. Los Smart Contracts emplean tecnología *Blockchain* y no son más que una serie de normas o reglas escritas en lenguaje informático, que se ejecutan de manera automática, siendo vertidas en la red *Blockchain*, dotando al contrato de inmutabilidad. Las dos partes que acuerdan ese contrato aceptan los pasos que se van a dar a continuación y el documento se lleva a cabo, acelerando notablemente el proceso, ya que pasamos de un documento físico y que debe ser firmado o corroborado por un tercero a un documento digital, ejecutado de manera instantánea cuando las dos partes aceptan el mismo.

Así, con un Smart Contract, conseguimos de forma segura salvar los escollos administrativos necesarios que presenta cualquier proceso de documentación y aprobación, disminuyendo en gran medida el tiempo que pasa desde que se ejecuta el documento hasta que llega al receptor o receptores, como veíamos con el Bill of Lading. Y esto es posible gracias a que el Smart Contract se lleva a cabo aplicado *Blockchain*. De esa manera, estamos salvando costes y tiempo que pueden ser invertidos en uno de los principales problemas que queremos solventar; la distribución del tráfico rodado sobre la superficie del puerto destinada a ello.

Actualmente, para que un coche llegue a la terminal y, cuando sea necesario, la abandone, son necesarios la aprobación de varios documentos. Esto conlleva tiempo en el que el vehículo no se mueve, es un vacío, no está produciendo, aunque tenga capacidad para ello. Para que nos hagamos una idea, de media al año se registran 9 rotaciones de vehículos en un espacio determinado. Esto quiere decir que, en un aparcamiento destinado al almacenamiento de vehículos, de x dimensiones, al cabo de un año, han pasado 9 vehículos diferentes por él. Esto indica que un vehículo está más de 40 días de media ocupando un espacio hasta que se lo deja a otra.

Uno de nuestros objetivos será reducir este tiempo, intentando que, de media, pueda llegar a un mes, para que haya en torno a 12 rotaciones al año, y así conseguir un mejor aprovechamiento de la superficie de la que disponemos. Para ello, trabajaremos en el desarrollo de un Smart Contract que elimine o, mejor dicho, sustituya, alguno de los documentos necesarios para que la mercancía Ro-Ro pueda abandonar cuando antes ese espacio que ocupa en el Puerto de Santander y, así, beneficiar a todas las partes de la cadena; autoridad, consignatario, cliente, legislación y, por supuesto, el receptor final.

Para la realización de un Smart Contract necesitamos dos cosas; conocer qué documento y proceso queremos realizar con él y una red *Blockchain* donde ejecutarlo y transmitirlo.



Figura 17: Diagrama del funcionamiento de un Smart Contract: Consenso, elaboración del contrato, inmutabilidad volcándolo en la Blockchain y ejecución.

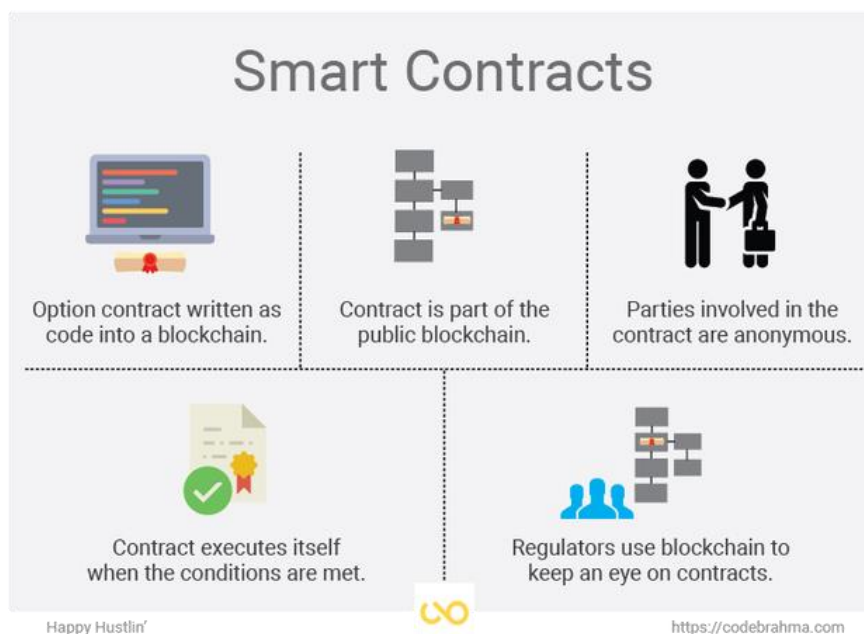


Figura 18: Diagrama de cómo funciona un Smart Contract, cuándo se ejecuta y cómo hace uso de la red distribuida de Blockchain. Imagen de codebrahma.

El entorno Ethereum es uno de los principales para poder trabajar con él y tener nuestra red disponible, sin embargo, para cumplir con los requisitos y la legislación española, lo mejor es trabajar con el entorno desarrollado por *Alastria*; Tesnet. <http://alastria.io/#2>

Tesnet no es más que una red de *Blockchain*, desarrollada precisamente empleando Ethereum, pero con la facilidad de que está ya lista para su empleo en España, de hecho, como veremos más adelante, hemos podido trabajar con ella, presentando la idea de este mismo proyecto, para desarrollar *Blockchain* en el ámbito portuario.

Trabajando con Tesnet, garantizamos que estamos trabajando con un sistema operativo en España y nos ahorramos el verificar la legislación y requisitos que deban acatar las entidades públicas españolas. Precisamente, uno de los puntos en los que hacemos hincapié es en eliminar estas verificaciones, estas intermediaciones, así que tomamos ejemplo y trabajamos con *Alastria* en su Tesnet.

Alastria lo que ha hecho es asimilar Quorum a la legislación española, por lo tanto, nos es perfecto para trabajar con su red, formada por nodos regulares u observadores, que son los realizan los contratos y mandan información a la red, y otra serie nodos, validadores, que son precisamente los que dan conformidad de las transacciones y llamadas de información vertidas. El mencionado Quorum es la adaptación de Ethereum, por parte de *J.P. Morgan* para el ámbito corporativo. Por su parte, *Alastria* ha adaptado a su vez Quorum para el ámbito corporativo español, permitiendo salvar inmediatamente cualquier problema administrativo y legal, ya que tenemos seguridad y certeza de que estamos trabajando conforme a los requisitos estatales. “*Blockchain* da soluciones globales a problemas locales” como ellos mismos explican. https://www.youtube.com/watch?v=SdeNU9o1_Z8&t=220s

Una vez que disponemos de una red *Blockchain*, con múltiples nodos que nos permitan trabajar en una red distribuida, el siguiente paso es la realización del contrato, del Smart Contract. Esto no es más que una serie de pasos en lenguaje informático, generalmente en lenguaje Solidity, de manera bastante simple y similar a otros más conocidos y empleados en otros ámbitos como JavaScript, del tipo que vemos a continuación, proponiendo un breve ejemplo que nos ayuda a conocer el estilo a emplear para el desarrollo de nuestro contrato. La propia página web de Solidity nos enseña cómo funciona este lenguaje, donde, aparte de explicarlo nos proponen varios ejemplos útiles: <https://solidity.readthedocs.io>

Para las aclaraciones y comentarios dentro del código emplearemos “//”, de manera similar a otros lenguajes. Este es un ejemplo de un SC creado en Solidity para llevar a cabo transacciones, disponible en la web anterior.

```
pragma solidity ^0.4.0;

contract OwnedToken {
    // TokenCreator es un contrato que está definido más abajo.

    TokenCreator creator;
    address owner;
    bytes32 name;

    // Esto es el constructor que registra el creador y el nombre
    // que se le ha asignado
    function OwnedToken(bytes32 _name) {
        // Se accede a las variables de estado por su nombre
        // y no, por ejemplo, por this.owner. Eso también se aplica
        // a las funciones y, especialmente en los constructores,
        // solo está permitido llamarlas de esa manera ("internal"),
        // porque el propio contrato no existe todavía.
        owner = msg.sender;
        // Hacemos una conversión explícita de tipo, desde `address`
        // a `TokenCreator` y asumimos que el tipo del contrato que hace
        // la llamada es TokenCreator, ya que realmente no hay
        // formas de corroborar eso.
        creator = TokenCreator(msg.sender);
        name = _name;
    }

    function changeName(bytes32 newName) {
        // Solo el creador puede modificar el nombre --
        // la comparación es posible ya que los contratos
        // se pueden convertir a direcciones de forma implícita.
        if (msg.sender == address(creator))
            name = newName;
    }

    function transfer(address newOwner) {
        // Solo el creador puede transferir el token.
        if (msg.sender != owner) return;
        // También vamos a querer preguntar al creador
        // si la transferencia ha salido bien. Note que esto
        // tiene como efecto llamar a una función del contrato
        // que está definida más abajo. Si la llamada no funciona
        // (p.ej si no queda gas), la ejecución se para aquí inmediatamente.
        if (creator.isTokenTransferOK(owner, newOwner))
            owner = newOwner;
    }
}
```

```
contract TokenCreator {
    function createToken(bytes32 name)
        returns (OwnedToken tokenAddress)
    {
        // Crea un contrato para crear un nuevo Token.
        // Del lado de JavaScript, el tipo que se nos devuelve
        // simplemente es la dirección ("address"), ya que ese
        // es el tipo más cercano disponible en el ABI.
        return new OwnedToken(name);
    }

    function changeName(OwnedToken tokenAddress, bytes32 name) {
        // De nuevo, el tipo externo de "tokenAddress"
        // simplemente es "address".
        tokenAddress.changeName(name);
    }

    function isTokenTransferOK(
        address currentOwner,
        address newOwner
    ) returns (bool ok) {
        // Verifica una condición arbitraria
        address tokenAddress = msg.sender;
        return (keccak256(newOwner) & 0xff) == (bytes20(tokenAddress) & 0xff);
    }
}
```

Lenguaje informático básico, fácilmente ejecutable y desarrollable. Lo principal que hemos de tener en cuenta es qué queremos que haga nuestro Smart Contract. Las variables que ha de manejar y los pasos que vamos a dar con él.

En nuestra plataforma vamos a tener a nuestra disposición, en primer lugar, nuestro wallet, donde queda registrada la cantidad de tokens que movemos con nuestra actividad, y también un apartado de contratos, que no es más que un dispensador de código donde escribiremos nuestras leyes, procesos y pasos que ejecutará nuestro Smart Contract.

¿Cuál será el objetivo de nuestro Smart Contract? Como hemos visto, a lo largo de la cadena logística portuaria se expiden varios documentos oficiales necesarios, tanto si es referente al tráfico de mercancías, contenedores o tráfico rodado. Con la elaboración de nuestro Smart Contract pretendemos realizar automáticamente el proceso por el cual se obtienen algunos de esos documentos a la vez que dotaremos a las entidades participativas de una plataforma colaborativa donde intercambien información entre ellas. Pretendemos agilizar el proceso de manera notable, otorgando accesibilidad a los datos de los que se dispone a todas las partes implicadas.

Tenemos varias opciones y, como dijimos al principio de este apartado, lo ideal sería conseguir la expedición de todos los documentos de manera automática, cíclica, colaborando entre entidades, de manera que todo el proceso formase parte de una red en vez de una cadena. Sin embargo, somos conscientes de las trabas, tanto formales como administrativas, que supone eso, al menos en un inicio. Por lo tanto, optaremos por realizar la digitalización y transformación del puerto en un proceso tranquilo, evolutivo y sin demasiadas prisas, introduciendo la disrupción y nuevas tecnologías de manera calmada.

Para ello, comenzaremos con un documento, que entrelace varios eslabones, y que introduzca *Blockchain* en el ámbito portuario. DUE, Bill of Lading, Intermodal Bill of Lading, documentos de aduanas... Como vemos, la cantidad de documentos es elevado y, muy posiblemente, innecesariamente grande.

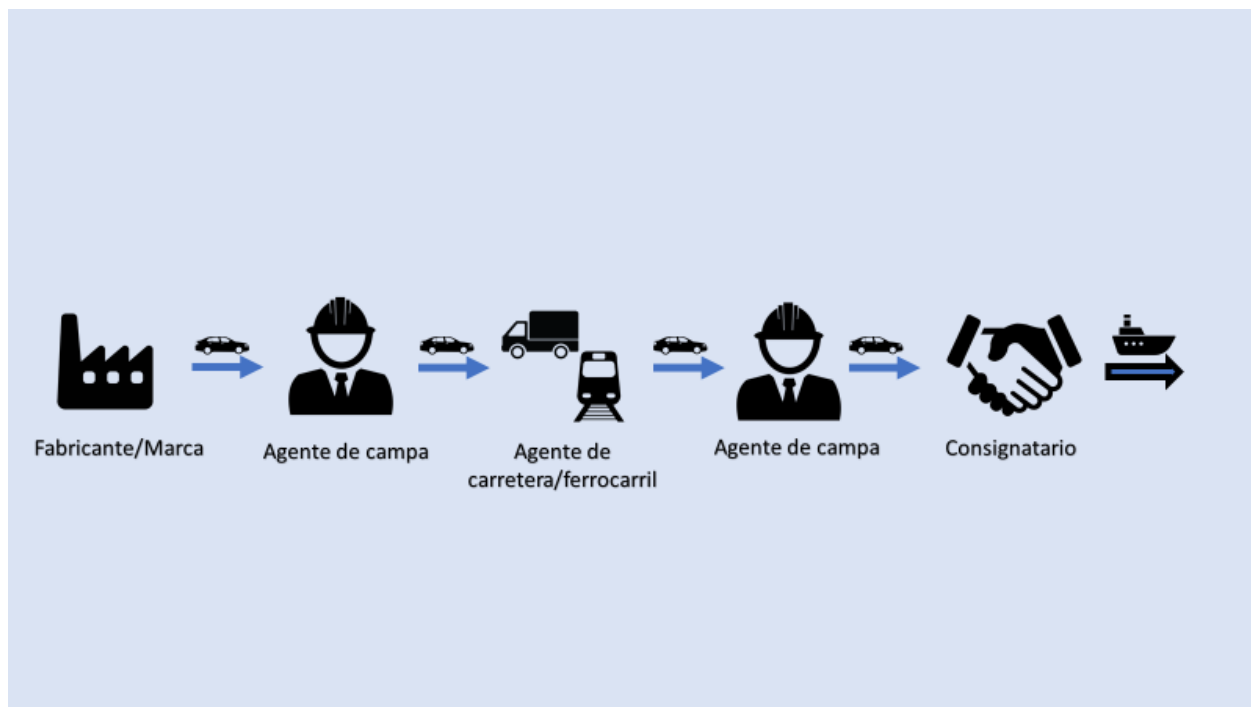


Figura 19: Diagrama de los agentes que intervienen en la cadena del tráfico Ro-Ro, desde que sale de la fábrica hasta que se repite el proceso de manera inversa en otro puerto.

De igual manera, la cantidad de agentes o actores que intervienen también es muy elevada. Consignatarios, armadores, naviera, estibadores, autoridad portuaria...

En concreto, en el tráfico Ro-Ro, como explicamos al principio, las entidades que intervienen en la cadena son las siguientes:

Fabricante - operador de carga - operador de carretera/ferrocarril - consignatario - naviera - autoridad portuaria

Decidimos, por lo tanto, generar un documento inteligente, que se apoye en una plataforma *Blockchain* y que supla el rol de intermediador, a través de un Smart Contract, donde las entidades colaboradoras compartan permisos en la plataforma para ver los datos de la mercancía rodada y den el visto bueno, automáticamente, con las deducciones monetarias correspondientes, añadidas o quitadas del wallet virtual, para que se ejecuten los comandos de forma automática y se obtenga como resultado un proceso de generación de documentos, colaborativo y solventando el problema de tiempo en su expedición.

Por lo tanto, nuestra propuesta en concreto es la implementación de un soporte virtual, que emplee tecnología *Blockchain*, para que entrelace a cuatro entidades: marca o fabricante, agente operador, consignatario y autoridad portuaria.

La plataforma permite a los cuatro actores colaborar para obtener beneficio propio y global. El Smart Contract se inicia cuando la marca, fabricante de la mercancía rodada, indica el envío de ciertas unidades a la terminal del puerto. En ese momento, el agente operador, generalmente una subcontrata, acepta el encargo y se hace responsable de la mercancía, de manera inmediata. La labor de este agente es transportar la mercancía de la marca al puerto. Posteriormente, el tráfico rodado llega y pasa a manos del consignatario, que juega entonces el rol de responsable de tratar y manejar los vehículos dentro de la terminal Ro-Ro. Durante todo el proceso, la autoridad portuaria, como responsable máximo del puerto y de la terminal, tiene pleno conocimiento del proceso que está siguiendo la mercancía rodada y da su visto bueno, permitiendo la operación.

El proceso se lleva a cabo siguiendo las reglas y pautas predeterminadas en el contrato y este expide de manera digital y cada vez que se acepte una operación los documentos pertinentes oficiales de manera automática e instantánea, salvando tiempo, liberando vacíos, fomentando la colaboración, eliminando rozamientos y buscando la máxima eficiencia.

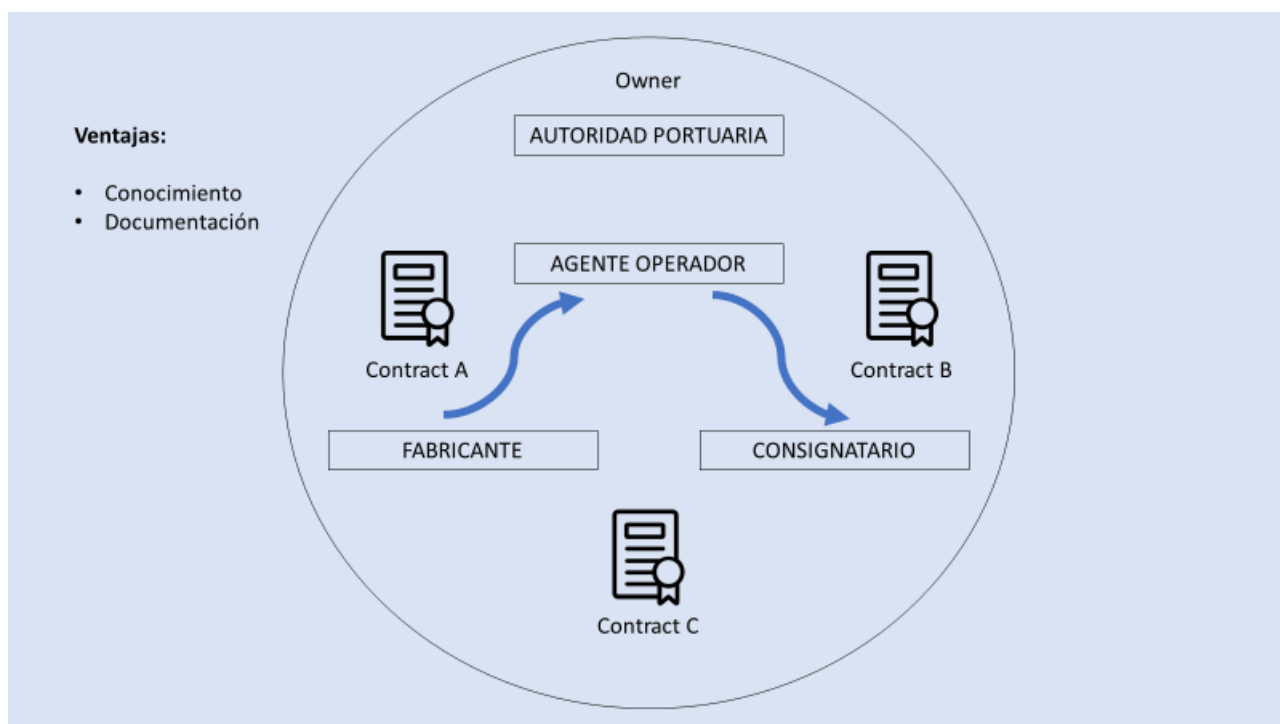


Figura 20: Imagen simplificada del proyecto, donde se ve la plataforma, las entidades participantes, los contratos y las ventajas.

Con este sistema obtendremos dos **ventajas** principales, a parte de todas las derivadas de ellas que se comentarán en el apartado de “Análisis”:

- Conocimiento inmediato de la información relativa a la mercancía rodada que va a llegar al puerto; unidades, modelo, estado, número de bastidor, fecha de llegada...
- Documentos oficiales realizados de manera inmediata en el momento en que pasa la responsabilidad de un agente a otro.

4. BLOCKCHAIN APLICADO AL TRÁFICO RO-RO

4.1. SMART CONTRACT

Una vez que disponemos de nuestra red y nuestra plataforma, el objetivo es la elaboración concreta de ese Smart Contract, que realice los documentos oficiales legales a la vez que las entidades vierten la información pertinente en la plataforma.

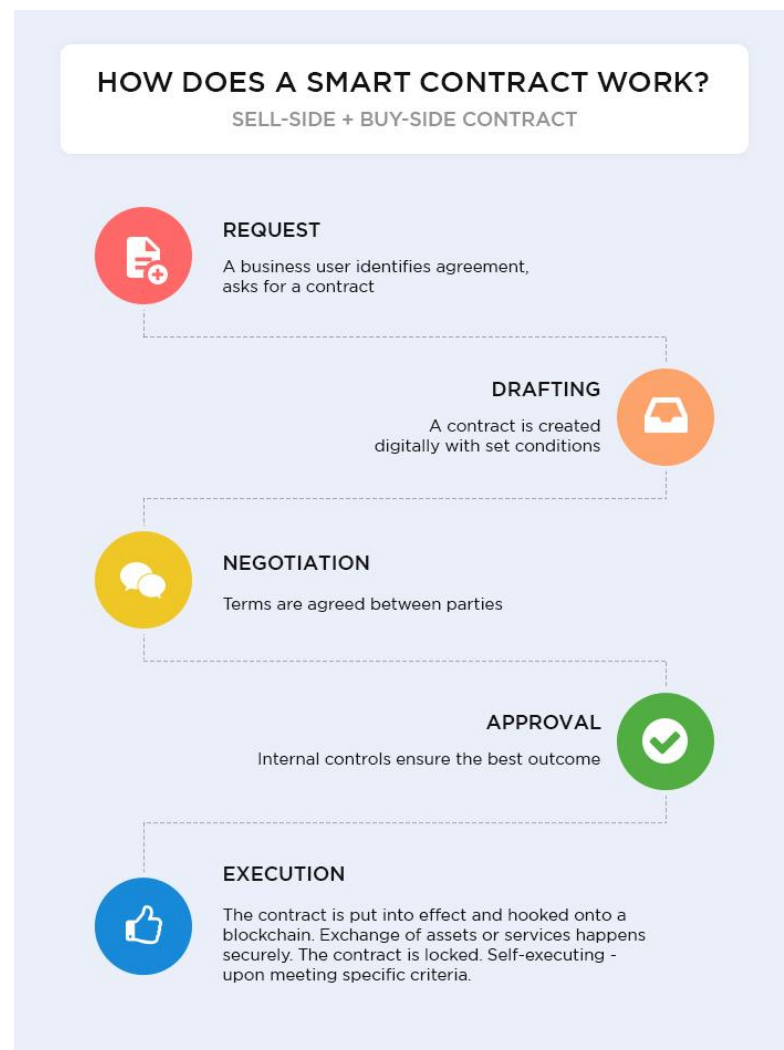


Figura 21: Pasos que se sigue en la elaboración de un contrato inteligente basado en Blockchain, desde el consenso inicial hasta la ejecución de los eventos.

Para ello, como explicamos antes, debemos escribir nuestros Smart Contract, nuestros comandos, para introducirlos en la plataforma y que se ejecuten paso a paso y de manera automatizada cuando el primer agente implicado lo inicie, en nuestro caso, el fabricante. También, permitiremos que se puedan consultar los datos por partes de las entidades que forman parte del proceso.

El primer paso, antes de nada, será crear las identidades registradas y oficializadas para tener certeza que, efectivamente, cada uno de los actores que interviene en el proceso está validado y es él quien opera. Para ello, tendrán una identificación que se crea fácilmente y casi de manera inmediata, una vez que se tenga acceso a la red.

Como hemos dicho, nuestra intención es trabajar con la Tesnet de *Alastria*, la adaptación española de Quorum, que permite operar en el ámbito privado y de acuerdo a la legalidad española.

Puesto que, debido a diversos proyectos anteriores, tenemos acceso a la API de *Alastria*, podemos crear nosotros mismos las identidades, ya que disponemos un número, a modo de contraseña, llamado “Token”, que nos permite operar. Sin embargo, esto ya entraría dentro de la política de cada entidad el hacerlo ellos mismos o dejarnos a nosotros crear su identidad. No obstante, haremos un ejemplo informativo para mostrar lo fácil que sería hacerlo.

En primer lugar, necesitamos un programa, llamado *Postman*, que nos permite interactuar con APIs. <http://www.getpostman.com/>

Una vez empezamos a trabajar con el programa, vemos que es muy intuitivo. Introducimos nuestros datos identificativos y hacemos una llamada a la API, en este caso de *Alastria*. Esta, nos devuelve un número, un token, que copiamos y pegamos para poder empezar a operar.

A continuación, vamos al apartado de “Post”, que se trata de una función que nos permite crear e identificar identidades. Disponemos de 4 apartados para rellenar, donde podemos poner, por ejemplo, en el caso del Fabricante: Fabricante/Marca, Renault, N° contacto y N° Identificativo. Simplemente un ejemplo donde poner características identificativas de esa identidad. Ejecutamos el “Post” y se manda a la red de *Alastria* que, en cuestión de segundos, nos devuelve un conjunto de datos.

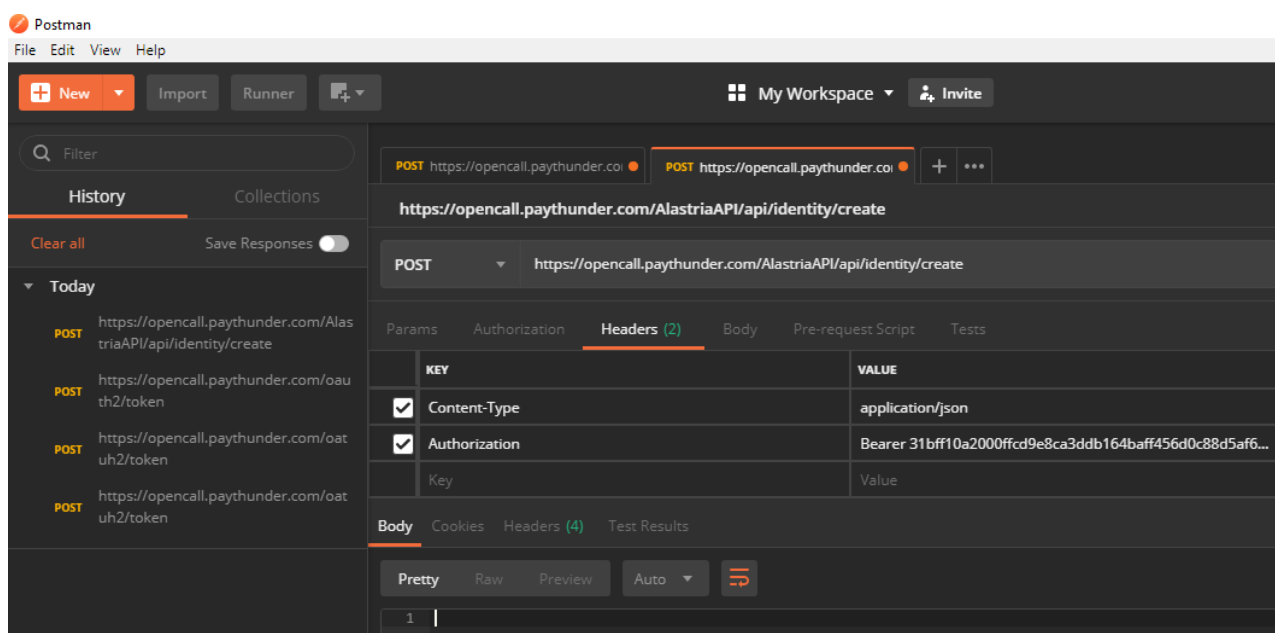


Figura 22: Acceso a la API de Alastria con nuestro token (serie alfanumérica al lado de “Bearer”)

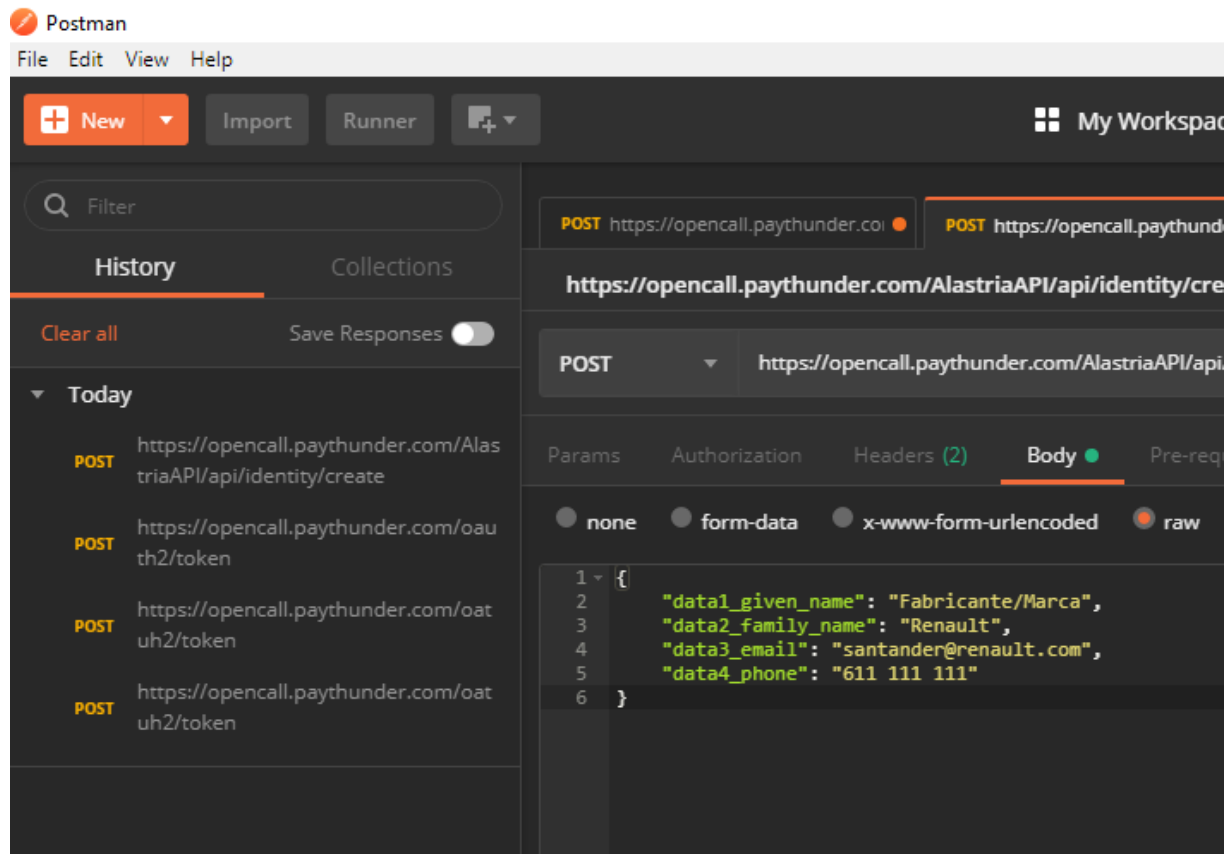


Figura 23: Creación de una identidad digital, en este caso, del fabricante y tomando como ejemplo la marca Renault, principal suministrador del Puerto de Santander.

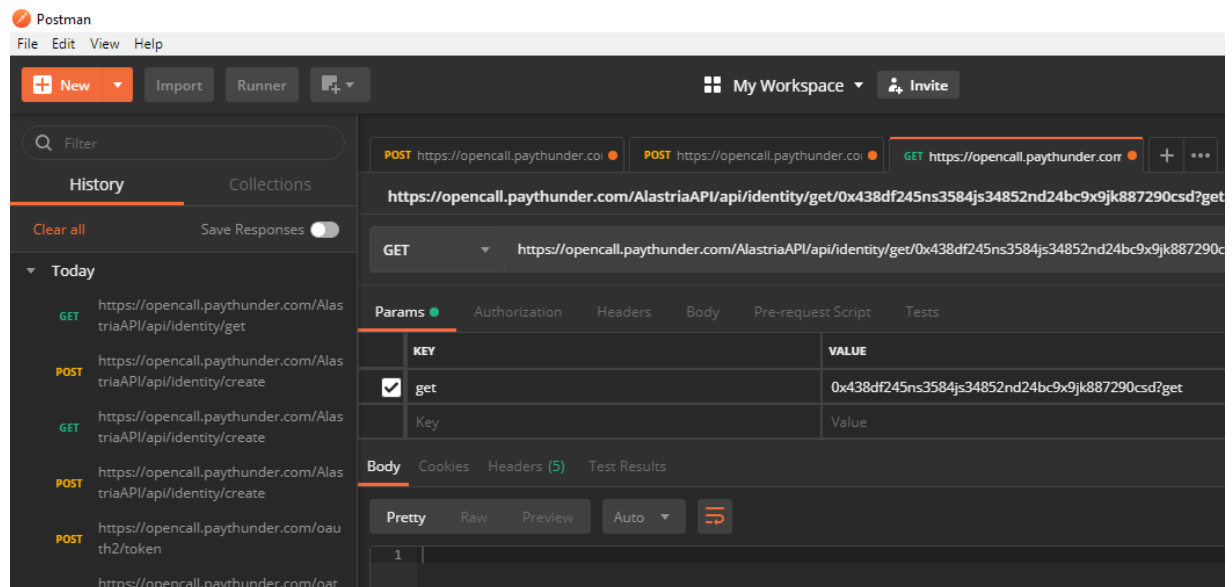


Figura 24: Posteriormente, podemos consultar, con un "GET", los datos de nuestra identidad.

Ya está creada la primera identidad. Introduciendo los valores proporcionados en los sistemas operativos y nodos de dicha entidad ya puede comenzar a operar desde allí, de manera segura.

Repetiríamos el proceso con el resto de actores, creando sus identidades y permitiéndoles operar en la plataforma *Blockchain*. Una vez que están listas las entidades participativas, vamos al siguiente paso; la creación de nuestro contrato inteligente que será volcado en la red y que permitirá a los actores que intervienen beneficiarse de este nuevo modelo basado en tecnología *Blockchain*, de modo que todos ellos se vean recompensados por su participación colaborativa en este nuevo sistema corporativo.

Para ello, comenzamos a escribir el contrato, en lenguaje Solidity.

Lo primero, es introducir el compilador, con el siguiente comando:

```
pragma solidity ^0.4.0;
```

La versión 0.4.0 hace referencia a la versión del compilador y hace posible que pueda ser ejecutado por cualquier versión igual o superior a la 0.4.0.

Después, procedemos a crear nuestro contrato y a darle un nombre. En nuestro caso, lo llamaremos “Blockchain Ro-Ro Contract”. En primer lugar, creamos el contrato “A”, ya que tenemos la posibilidad que crear varios contratos dentro de uno mismo. Este primero será iniciado por la marca cuando vaya a enviar un número de unidades al puerto.

```
contract BlockchainRoRoContract_A{
```

A continuación, introducimos las variables e identidades que vamos a usar a lo largo del contrato.

En primer lugar, crearemos las identidades, llamadas con el comando “*address*”. La primera función que realizará nuestro contrato es identificar al constructor del contrato, llamado por la aplicación generalmente como “*owner*”. Esto permitirá al únicamente al constructor modificar el contrato. No significa que no sea pública para las otras partes, sino que estas no pueden modificarlo. Pueden verlo e introducir sus valores, pero no cambiar los términos del contrato ni los valores de las demás entidades. En nuestro contrato, el rol del “*owner*” lo jugará, en primer lugar, el fabricante, que será quien comience el proceso indicando las unidades (y sus valores) que va a enviar.

```
address AutoridadPortuaria;
```

```
address Fabricante;
```

```
address AgenteOperador;
```

```
address Consignatario;
```

```
function BlockchainRoRoContract{
```

```
    Fabricante = msg.sender;
```

```
}
```

Después, procedemos a la primera función que realizará nuestro contrato.

Como hemos dicho, el proceso comienza con el fabricante o la marca que va a enviar una cantidad de unidades al puerto. Por ello, las primeras funciones consistirán en que esa entidad defina la unidades que va a enviar (número, datos, estado...) con una función “Set”.

```
function SetUnits(string Units) returns(string){
    if (Fabricante!= msg.sender){
        return "No eres el creador del contrato";
    }
    DataUnits = Units;
    return DataUnits;
}

function SetBastidores(string Bastidores) returns(string){
    if (Fabricante!= msg.sender){
        return "No eres el creador del contrato";
    }
    DataBastidores = Bastidores;
    return DataBastidores;
}
```

Con estas funciones “Set” permitimos al fabricante indicar los datos relativos a las unidades que va a mandar. Además, restringimos con un comando “if” a que únicamente el Fabricante pueda introducir y modificar estas unidades.

A continuación, procedemos a establecer nuestras funciones “Get”.

```
function GetUnits(string) constant returns(string){
    return DataUnits;
}

function GetBastidores(string) constant returns(string){
    return DataBastidores;
}
```

Estas funciones permiten obtener los valores introducidos en ellas, simplemente con hacer una llamada al contrato. Estos valores, por lo tanto, son públicos y visibles para todos los participantes del contrato. En este apartado del contrato, la marca introduciría la información relativa a las unidades que va a mandar, permitiendo al puerto reservar un lugar, siendo consciente y habiendo una previsión de llegada y pudiendo consultar en todo momento esta información con las funciones “Get”. Además, cuando se ejecuta un “Set” se realiza automáticamente una llamada, se registra en la red Blockchain y se expide un documento donde viene el valor introducir, los valores de gasto (gas) y el valor de la transacción.

Después, lo que haremos es introducir todos los pares de variables “Set” y “Get” para que completen todo lo necesario que debemos conocer de la mercancía rodada que la marca o fabricante tiene previsto enviar al puerto, como las fechas previstas, números identificadores, modelos, especificaciones...

CALL [call] from:0xca35b7d915458ef540ade6068dfe2f44e8fa733c to:BlockchainRoRoContract_A.GetUnits(string)
data:0xdeb...00000

transaction hash	0xb5d9452ecf6b7e7fdd26d0b15940068ab47f0afe004e467c1ef0d7c57a94dc50
from	0xca35b7d915458ef540ade6068dfe2f44e8fa733c
to	BlockchainRoRoContract_A.GetUnits(string) 0x692a70d2e424a56d2c6c27aa97d1a86395877b3a
transaction cost	23305 gas (Cost only applies when called by a contract)
execution cost	1713 gas (Cost only applies when called by a contract)
hash	0xb5d9452ecf6b7e7fdd26d0b15940068ab47f0afe004e467c1ef0d7c57a94dc50
input	0xdeb...00000
decoded input	{ "string": "" }

Figura 25: Registro que se crea al hacer una “llamada” a la plataforma y al Smart Contract.

Ya han sido definidos todos los valores relativos a la mercancía rodada que va a llegar al puerto. Con ello, el resto de actores tienen pleno conocimiento de esta información, permitiendo operar con antelación. Lo que verdaderamente permite la automatización y otorgan tanto valor a trabajar con Smart Contracts es su interacción con otros sistemas, en este caso, con sistemas de localización en tiempo real, RTLS.

Desplegando un sistema de RTLS en la terminal Ro-Ro podemos hacer que, en el mismo momento que se confirme la mercancía rodada que va a llegar y cuándo va a llegar, el propio sistema se encarga de reservar un espacio para dicha mercancía, teniendo en cuenta la superficie disponible y las fechas. Todo esto, de manera automática, gracias a interacción entre Smart Contracts y sistemas de localización, que se ejecuta en nuestro SC con los comandos “events”. Por lo tanto, la fórmula para conseguir la automatización es: SC + RTLS

Con esto, finalizaría la primera parte de nuestra Smart Contract, el contrato “A”. Ahora, procedemos a la elaboración del segundo, el contrato “B”.

```
contract BlockchainRoRoContract_B {
    address AutoridadPortuaria;
    address Fabricante;
    address AgenteOperador;
    address Consignatario;
    string DataExpectedDateDelivery;

    function BlockchainRoRoContract_B() {
        AgenteOperador = msg.sender;
    }
}
```

La elaboración inicial es exactamente igual que el anterior, definiendo las entidades participantes y las variables, así como dándole un nombre y determinando quién es el constructor del contrato. En este caso, el contrato “B” se ejecutará una vez que la mercancía rodada ha llegado a manos del agente operador, que puede ser un agente de carretera, ferrocarril, naviera... En definitiva, el actor encargado de llevar la mercancía hasta el puerto, generalmente, una subcontrata.

Así pues, el constructor de este contrato, el “owner”, será el Agente Operador. Él será el único que pueda modificar las variables, en este caso, la fecha estimada de entrega en el puerto, que determinamos con una nueva función “Set”.

```
function SetDate(string ExpectedDateDelivery) returns(string){
    if (AgenteOperador!= msg.sender){
        return "No eres el constructor del contrato";
    }
    DataExpectedDateDelivery = ExpectedDateDelivery;
    return DataExpectedDateDelivery;
}
function GetDate(string) constant returns(string){
    return DataExpectedDateDelivery;
}
```

Terminamos esta parte introduciendo otra función “Get” que permita obtener la información relativa a la fecha. De esta manera, el Agente Operador estima cuándo va a llegar la mercancía rodada al puerto y este puede preverlo y estar listo para ese momento.

Ahora, suponemos que el tráfico rodado ya está en el puerto, en un espacio reservado para él. Tras un tiempo, el vehículo ya está listo para salir. Eso da pie a un nuevo y último contrato, el contrato “C”, donde el consignatario, responsable actual de la mercancía, establece que un vehículo va a salir del puerto, aportando los datos sobre la unidad y estableciendo la fecha en la que va a partir. Por la tanto, definimos el contrato.

```
contract BlockchainRoRoContract_C {
    address AutoridadPortuaria;
    address Fabricante;
    address AgenteOperador;
    address Consignatario;
    string DataUnitData;

    function BlockchainRoRoContract_C() {
        Consignatario = msg.sender;
    }
}
```

Repetimos las operaciones anteriores, aportando el nombre del contrato, las entidades participativas, las variables y el constructor, en este caso, el Consignatario. Finalizamos con otro par de funciones, un “Set” y un “Get” que permitan establecer la información relativa a la unidad y hacerlo público para el resto de participantes.


```
function SetUnitData(string UnitData) returns(string){
    if (Consignatario!= msg.sender){
        return "No eres el constructor del contrato";
    }
    DataUnitData = UnitData;
    return UnitData;
}
function GetUnitData(string) constant returns(string){
    return DataUnitData;
}
```

Con esto hacemos posible el conocimiento inmediato de la partida de una unidad, permitiendo a la Autoridad Portuaria saber que hay una superficie libre que puede ser empleada para albergar futuras cargas de mercancía. Y, por su puesto, al igual que en los casos anteriores, todo queda registrado, de manera segura en la red *Blockchain*, dotando de inmutabilidad y expidiendo, de manera instantánea, un documento de transacción donde aparece toda la información y gasto de la misma.

Mostramos rápidamente cómo funcionaría de manera sencilla.

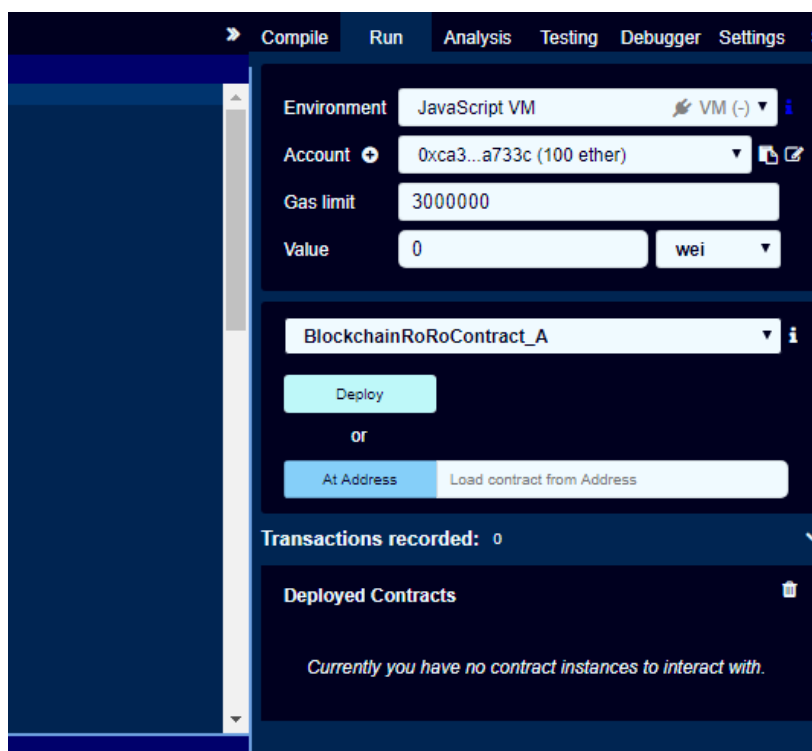


Figura 26: Hacemos un “Deploy” al contrato, lo que lo pone en marcha. En este caso, seleccionamos el contrato *BlockchainRoRoContract_B*, el segundo.

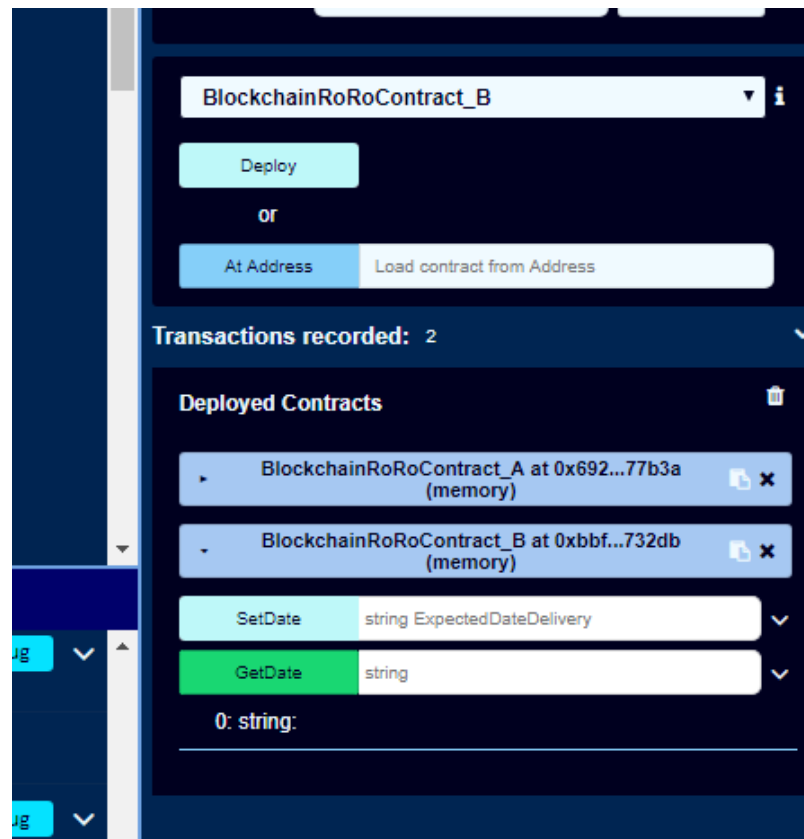
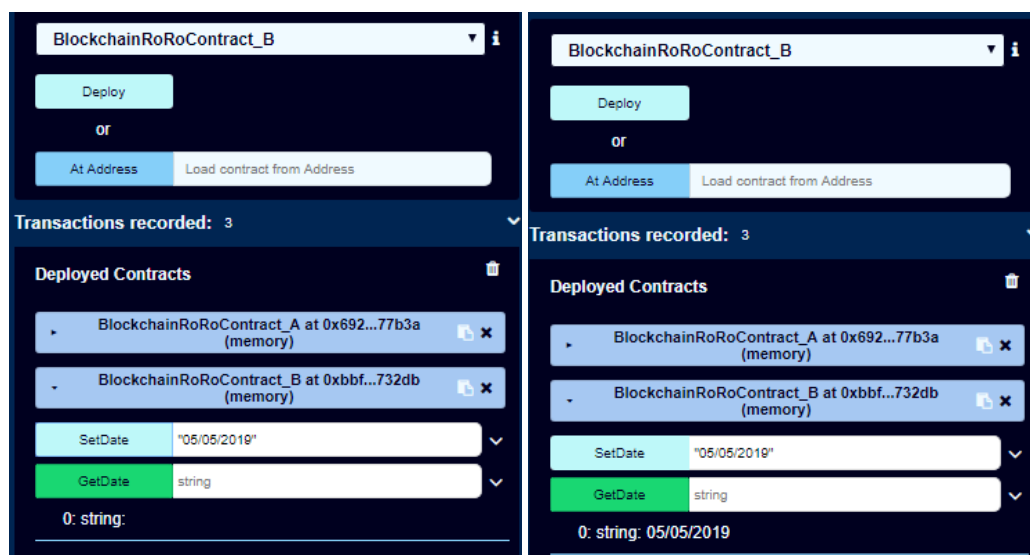


Figura 27: Como vemos, el “Get” devuelve 0, ya que aún no ha introducido el agente operador ningún valor.



Figuras 28 y 29: A continuación, se procede a introducir el valor correspondiente en “Set”, en este caso, la fecha. A continuación, la función “Get” devuelve el valor introducido, haciéndolo visible para todos.

CALL [call] from:0xca35b7d915458ef540ade6068dfe2f44e8fa733c to:BlockchainRoRoContract_B.GetDate(string) data:0xde5...00000 Debug

transaction hash	0xd286b7bd06d691343e687dca0085147df3103fd6cef9f5625242e48c7172c89b
from	0xca35b7d915458ef540ade6068dfe2f44e8fa733c
to	BlockchainRoRoContract_B.GetDate(string) 0xbbf289d846208c16edc8474705c748aff07732db
transaction cost	23261 gas (Cost only applies when called by a contract)
execution cost	1669 gas (Cost only applies when called by a contract)
hash	0xd286b7bd06d691343e687dca0085147df3103fd6cef9f5625242e48c7172c89b
input	0xde5...00000
decoded input	{ "string": "" }
decoded output	{ "0": "string: 05/05/2019" }
logs	[]

Figura 30: Fruto de todo ello, se expide un documento, con la transacción, su hash, el coste, los valores y los datos que se han introducido, en este caso, la fecha de llegada de la mercancía.

Recopilando todo, nuestro Smart Contract es el siguiente:

```
pragma solidity ^0.4.0;

contract BlockchainRoRoContractSantander_A{
    address AutoridadPortuaria;
    address Fabricante;
    address AgenteOperador;
    address Consignatario;
    string DataUnits;
    string DataBastidores;
    string DataDateOfDeparture;
    string DataExpectedDate;
    string DataID;

    function BlockchainRoRoContractSantander_A() {
        Fabricante = msg.sender;
    }

    function SetUnits(string Units) returns(string){
        if (Fabricante!= msg.sender){
            return "No eres el constructor del contrato";
        }
        DataUnits = Units;
        return DataUnits;
    }

    function SetBastidores(string Bastidores) returns(string){
        if (Fabricante!= msg.sender){
            return "No eres el constructor del contrato";
        }
        DataBastidores = Bastidores;
        return DataBastidores;
    }

    function SetDateOfDeparture(string DateOfDeparture) returns(string){
        if (Fabricante!= msg.sender){
            return "No eres el constructor del contrato";
        }
        DataDateOfDeparture = DateOfDeparture;
        return DataDateOfDeparture;
    }

    function SetExpectedDate(string ExpectedDate) returns(string){
        if (Fabricante!= msg.sender){
            return "No eres el constructor del contrato";
        }
        DataExpectedDate = ExpectedDate;
        return DataExpectedDate;
    }
}
```

```

function SetID(string ID) returns(string){
    if (Fabricante!= msg.sender){
        return "No eres el constructor del contrato";
    }
    DataID = ID;
    return DataID;
}

function GetUnits(string) constant returns(string){
    return DataUnits;
}
function GetBastidores(string) constant returns(string){
    return DataBastidores;
}
function GetDateOfDeparture(string) constant returns(string){
    return DataDateOfDeparture;
}
function GetExpectedDate(string) constant returns(string){
    return DataExpectedDate;
}
function GetID(string) constant returns(string){
    return DataID;
}
}

contract BlockchainRoRoContractSantander_B {
    address AutoridadPortuaria;
    address Fabricante;
    address AgenteOperador;
    address Consignatario;
    string DataExpectedDateDelivery;

    function BlockchainRoRoContractSantander_B() {
        AgenteOperador = msg.sender;
    }

    function SetDate(string ExpectedDateDelivery) returns(string){
        if (AgenteOperador!= msg.sender){
            return "No eres el constructor del contrato";
        }
        DataExpectedDateDelivery = ExpectedDateDelivery;
        return DataExpectedDateDelivery;
    }
    function GetDate(string) constant returns(string){
        return DataExpectedDateDelivery;
    }
}

```

```
contract BlockchainRoRoContractSantander_C {  
    address AutoridadPortuaria;  
    address Fabricante;  
    address AgenteOperador;  
    address Consignatario;  
    string DataUnitData;  
    string DataDateOfPortDeparture;  
  
    function BlockchainRoRoContractSantander_C() {  
        Consignatario = msg.sender;  
    }  
  
    function SetUnitData(string UnitData) returns(string){  
        if (Consignatario!= msg.sender){  
            return "No eres el constructor del contrato";  
        }  
        DataUnitData = UnitData;  
        return UnitData;  
    }  
  
    function SetDateOfPortDeparture(string DateOfPortDeparture) returns(string){  
        if (Consignatario!= msg.sender){  
            return "No eres el constructor del contrato";  
        }  
        DataDateOfPortDeparture = DateOfPortDeparture;  
        return DataDateOfPortDeparture;  
    }  
  
    function GetUnitData(string) constant returns(string){  
        return DataUnitData;  
    }  
  
    function GetDateOfPortDeparture(string) constant returns(string){  
        return DataDateOfPortDeparture;  
    }  
}
```


4.2. DATOS

RECURSOS MÍNIMOS

Software

- Acceso a la red de Ethereum
- Acceso a la API de Alastria
- Software RTLS

Hardware

- Nodo de la red Autoridad Portuaria
- Nodo de la red Fabricante/Marca
- Nodo de la red Agente Operador
- Nodo de la red Consignatario

Recursos humanos

- Personal encargado de los nodos
- Personal encargado de administrar los contratos
- Personal especializado en logística

Sensores

- Dispositivo RTLS para tráfico rodado

RECURSOS ADICIONALES

Sensores

- Sensor Wireless de tracking de vehículos
- Sensor de vigilancia y seguridad del vehículo
- Software de control

Brain Port Analytics

- Plataforma
- Sistema de Business Intelligence
- Mapa de procesos operativos para tráfico Ro - Ro
- Metodología de sensorización en entornos portuarios

Sistemas IoT

- Dispositivos Universal
- Software de control

Vehículos automáticos

- Grúas sin rieles
- Sistemas de transporte sin conductor

Como hemos dicho, el objetivo de este proyecto es la aplicación de Blockchain en el ámbito portuario, en concreto, en la terminal Ro-Ro del Puerto de Santander. Podríamos establecer un sistema mucho más complejo basado en automatización e IoT, que cambiase por completo el sistema logístico portuario, consiguiendo un puerto digitalizado y automatizado al máximo nivel y con un impacto tecnológico tremendo. Sin embargo, siendo conscientes de la dificultad que esto implica, nos basaremos en analizar los datos mínimos necesarios para la implementación de Blockchain en el puerto que, como vemos, se basaría simplemente en sistemas informáticos y personal que opere con ello. El resto de componentes los hemos calificados de “adicionales” ya que no consideramos que su implementación sea necesaria ahora mismo, pero está bien tener conocimiento de ello para un futuro.

Con todo esto, viendo lo que podemos conseguir con nuestro Smart Contract, procedemos a analizar los beneficios, cuantitativamente, basándonos en datos que tenemos de otros puertos y del Puerto de Santander, obteniendo un valor porcentual del impacto que podría tener esta aplicación sobre diversos campos y los beneficios que esto aporta tanto a la Autoridad Portuaria como al resto de integrantes de la red.

Tomaremos los datos que tenemos a disposición del Puerto de Santander, del Puerto de Valencia, del Puerto de Rotterdam, del de Hamburgo y del de Zeebrugge, así como datos de compañías especializadas en la aplicación de Blockchain a la logística como Tradelens, Maerks, Cargo X, Shipnext y Shipchain. Por último, también tomaremos datos de compañías desarrolladoras de servicios como geeksme o pozyx. Adicionalmente, consultaremos varias propuestas y trabajos sobre la aplicación de Blockchain y Smart Contracts, a nivel europeo, para completar nuestros datos.

Con todo ello, obtenemos una serie de beneficios derivado de nuestro sistema de aplicación de Blockchain, a cambio de unos costes y unos problemas de implementación que veremos más adelante. Con todo ello, estimaremos unos porcentajes de mejora en varias categorías en el apartado [5.1.](#). Ahora, procederemos a comentar los beneficios de aplicar Blockchain en el Puerto de Santander.

4.3. ¿QUÉ APORTA LA TECNOLOGÍA AL PUERTO?

Visibilidad

Bien es conocido que, en el sistema actual de competición, todas las entidades y compañías, públicas o privadas, quieren distinguirse unas de otras, con ese factor diferencial que haga al cliente elegir las a ellas y no al resto. Ese factor diferencial no son más que pequeños detalles que el resto no tiene.

Blockchain es, perfectamente, un factor diferencial. El hecho de atreverse a aplicarlo y dar el paso en el empleo de nuevas tecnologías es una característica a la hora de elegir una u otra compañía. Uno u otro puerto.

La aplicación de tecnología *Blockchain* dota de visibilidad, buena publicidad y es un gran escaparate, no solo a nivel nacional, sino en el ámbito europeo e internacional. A la hora de hacer propuestas, presentar proyectos o desarrollarse, la presencia de *Blockchain* en el puerto es algo que se va a mirar con lupa. Incluso aunque no sea aún del todo conocido. Mucha gente asocia simplemente *Blockchain* con *Bitcoin*, pero, aun así, el hecho de emplear una tecnología conocida, aunque sea por otro ámbito de aplicación, capta la atención y muestra un interés externo hacia el Puerto de Santander.

De igual manera, para el resto de compañías que intervienen en la plataforma *Blockchain* también es un trampolín de promoción, a la hora de llevar a cabo sus negocios. Una visibilidad y marketing extra que aporta el simple hecho de hacer algo de manera diferente. Algo que, puede que dentro de unos años sea obligatorio y, entonces, poder decir que se fue pionero y que se está preparado para afrontarlo, ya que se lleva trabajando con ello desde los inicios.

Mejora en los tiempos

Uno de los principales beneficios que nos aporta la aplicación de *Blockchain* es la mejora en los tiempos. En los tiempos de operación, de administración y de transporte.

Esta mejora en los tiempos viene dada por su inmediatez y automatización a la hora de desplegar el proceso de expedición de documentos. Como bien hemos explicado anteriormente, el proceso se inicia cuando el agente pertinente introduce los datos de su contrato. Entonces, se envían, automáticamente, todos los datos al resto de participantes, con la transferencia inmediata del documento donde aparece toda la información relativa, gasto, valores, hash, transferencias... Ese documento sustituye al papel que rige todavía el proceso logístico y que puede tardar días en llegar, impidiendo el desarrollo natural del proceso y aumentando notablemente el rozamiento. Sin embargo, con *Blockchain* todo este tiempo desaparece, permitiendo a las compañías invertir ese tiempo en otras labores productivas, eliminando vacíos.

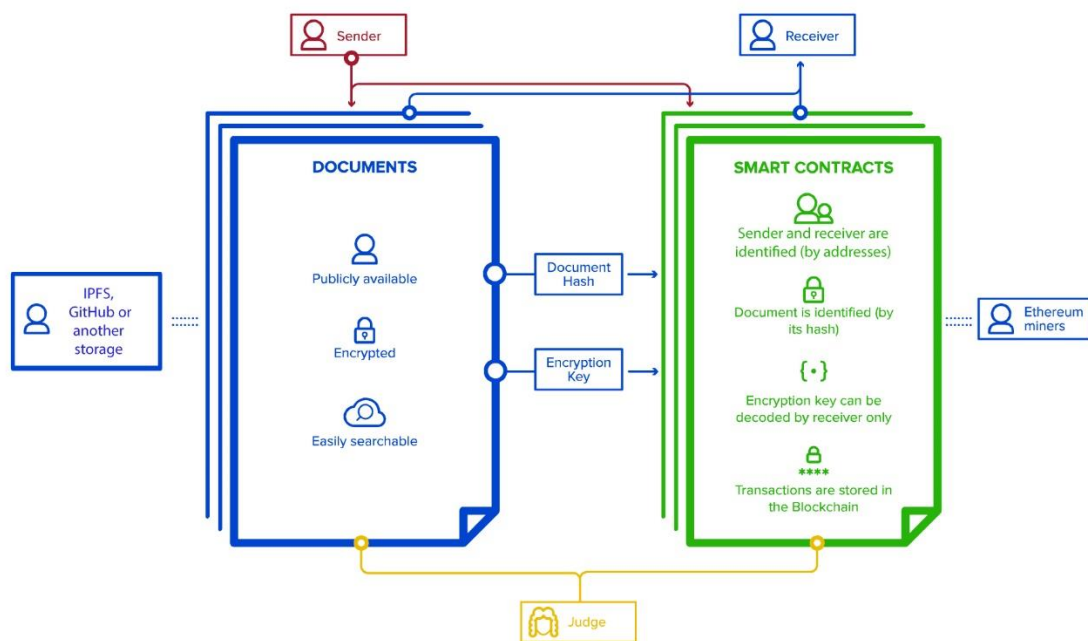


Figura 31: Imagen de cómo afecta Blockchain a los documentos y, por lo tanto, a los tiempos, debido a su seguridad e inmediatez.

Pero la mejora en los tiempos en la entrega y expedición de documentos no es la única mejora que ocurre en cuanto a tiempos debido al implemento de *Blockchain* en la cadena logística, aunque sí que es cierto que es el ámbito donde más se ve afectado, reduciendo los tiempos de espera en una estimación del 90%.

Los tiempos en el intercambio de responsabilidades, es decir, de cuando la mercancía rodada pasa de una entidad a otra, por ejemplo, del fabricante al agente operador encargado de llevarla al puerto, también se reduce en gran medida, debido precisamente a la aceleración en la entrega de los documentos necesarios para hacerse responsable de la carga.

Por otra parte, indirectamente se consiguen reducir otros tiempos, tales como el tiempo de operación con la mercancía dentro del puerto, debido al proceso de automatización, y también una reducción del tiempo de salida del tráfico Ro-Ro del puerto, debido, en este caso, a una mejora en la gestión y organización que viene ligada al conocimiento inmediato que tienen las autoridades y el resto de autores de la carga, lo que permite mejorar la frecuencia y eficiencia de los transportes encargados de la salida de esta mercancía. De este modo, también conseguimos unas mejores rotaciones en la terminal de importaciones, elevando ese número de 9 rotaciones al año a un valor mayor.

Finalmente, todo repercute en una reducción final del tiempo de entrega al cliente, debido a la mejor gestión de tiempos acumulados y la reducción, tanto de vacíos, como de intermediarios, como de fricciones.

Mejor aprovechamiento de espacio

En el caso concreto del Puerto de Santander y de la Autoridad Portuaria, la mejora no solo se ve reflejada en los tiempos de trabajo y operativos, sino que se refleja también un mejor aprovechamiento y una mejor gestión del espacio portuario, de los 600.000 m^2 de la terminal Ro-Ro.

Este es uno de los principales objetivos de nuestro proyecto y, como hemos visto, con la aplicación de *Blockchain* esto podría conseguirse, haciendo que, con el mismo espacio, obtengamos mejores resultados, mayor eficiencia y un rendimiento óptimo de la superficie, sin necesidad de ampliar la terminal.

La posibilidad de abarcar el tráfico actual, cercano al medio millón de unidades, e incluso la de ampliar dicho tráfico empleando la misma superficie es posible gracias a *Blockchain* y a los beneficios que nos aporta su plataforma y su red distribuida.

Como hemos visto, el sistema de Smart Contracts nos permite tener conocimiento inmediato de las unidades que van a llegar al puerto y cuándo van a llegar al puerto. Gracias a este conocimiento, tenemos la capacidad de prever y operar con antelación, reservando el espacio necesario para dichas unidades en superficie libre que tenga la terminal en dichas fechas. Esto podrá hacerse de manera más automática con radiofrecuencia, dando la posibilidad de asignar, inmediatamente, desde el momento que se confirman las unidades que van a llegar al puerto, un lugar en la terminal gracias a dicha tecnología.

La localización en tiempo real o Real-Time Location System es una tecnología, superior al GPS en cuestión de localización de objetos, lo que nos permitirá conocer y triangular la posición de todos y cada uno de los vehículos del puerto, así como los espacios disponibles. <http://telectronica.com/que-es-rtls-real-time-location-system/>

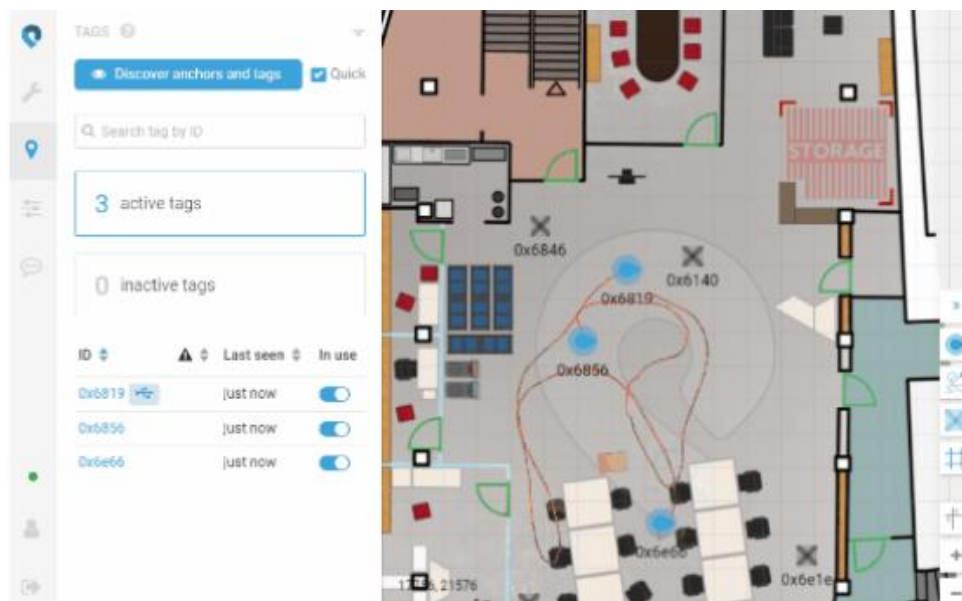


Figura 32: Imagen de un software de RTLS, en este caso, de pozyx.io. Sería aplicable a las unidades de la terminal Ro-Ro del puerto.

De esa manera, podemos gestionar de manera eficiente el suelo, independientemente de si se trata de tráfico de importación o de exportación, asignado un espacio que tenemos vacío, sin uso, sin vida, a una unidad que llegará al puerto. De la misma forma, cuando esa unidad abandona el puerto, su espacio vuelve a ser útil para albergar otra unidad. La capacidad para conocer y gestionar los tiempos y unidades de la terminal es posible gracias al trabajo previo que se inicia al conocer la llega de las unidades, gracias a la plataforma colaborativa y el contrato inteligente hospedados en la red *Blockchain*.

Menor contaminación

Puede parecer paradójico que un sistema de tecnología digital y sistemas informáticos pueda influir en una menor contaminación en los alrededores de la ciudad, pero, efectivamente, así es.

Santander es una ciudad costera y, como tal, está influenciada por la contaminación de los barcos y navieras. El 70% del total de agentes tóxicos emitidos por el transporte marítimo tiene su impacto en los primeros 400 kilómetros de tierra. Por lo tanto, Santander está altamente contaminada, principalmente por la huella de CO₂ de los barcos y navieras de su puerto. Además, el 33% del total de contaminación de la cadena logística marítima en Europa se debe al transporte de mercancías.

Pero, como bien se explica en la propuesta “LIFE” para la Comunidad Europea presentada por Conceptual KLT, la tecnología *Blockchain* puede disminuir esta contaminación.

¿Cómo es esto posible? Con la aplicación de *Blockchain* en el ámbito portuario, las navieras tienen una menor presencia en el puerto, pues su escala ya está predeterminada y mejor organizada que con el sistema tradicional, haciendo que el tiempo que un barco está en las inmediaciones del puerto sea menor. Atraque, carga y descarga y nueva expedición, disminuyendo demoras y tiempos de transición donde se produce gran parte de la contaminación.

Como se explica en la propuesta, es posible reducir la contaminación y el impacto ambiental debido a estos factores reduciendo el tiempo de escala del barco y mejorando y previniendo los tiempos de las operaciones que se llevan a cabo en ese entorno. Así, se consigue un menor nivel de contaminación obteniendo un impacto beneficioso en toda la ciudad.

Además, en el caso del transporte por carretera o ferrocarril, la deducción es exactamente la misma. Al tener controlados los tiempos de escala se evitan demoras y se eliminan rozamientos, haciendo que los transportes contaminantes vean reducidos los agentes tóxicos que vierten a la atmósfera de la ciudad.

Por último, y relativo al transporte por carretera, la menor entrada de camiones en las carreteras cercanas al puerto y a la terminal Ro-Ro permitiría una mejora y descongestión del tráfico, ya que la S-10 y A-67 son, precisamente, la entrada a la ciudad y la conexión con otras grandes ciudades, como Bilbao o Burgos, lo que las convierten en vías muy transitadas y, a muchas horas, colapsadas, y la menor frecuencia de camiones y vehículos pesados ayudaría, en parte, a su acondicionamiento.

Compromiso ecológico

Siguiendo con los beneficios ecológicos, las nuevas tecnologías no requieren de combustibles ni contaminantes. Energías limpias, que ayudan a disminuir la anteriormente mencionada mancha de CO₂ y, por lo tanto, ayudan a estar comprometidos y concienciados con el mantenimiento sostenible, más aún siendo Santander una ciudad costera. Es necesario mantener y proteger la bahía y la aplicación de *Blockchain* ayuda a ello, como se ha mencionado anteriormente, permitiendo que navieras, camiones y demás agentes contaminantes permanezcan menos tiempo en nuestro puerto y, por lo tanto, tengan menor impacto en el medio ambiente costero.

De esa manera, demostramos que el Puerto de Santander es un puerto comprometido con la “green economy” y que se marca el cumplimiento de 3 de los 17 objetivos del desarrollo sostenible, establecidos por la Naciones Unidas en el año 2015 para la mejora global y el desarrollo como sociedad, para garantizar un mejor futuro. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante.

Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

Objetivo 14: Conservar y utilizar de manera sostenibles los mares, océanos y recursos marinos.

Beneficios económicos

Posiblemente, apartado que más interese a las entidades participantes. Al fin y al cabo, la implementación o no de un nuevo modelo económico se mide en los recursos económicos invertidos y los beneficios proporcionados.

Las compañías, públicas o privadas, pretenden sobrevivir económicamente y garantizar un futuro a sus empleados y sustentadores, por lo que, inevitablemente, necesitan la entrada de ingresos para subsistir.

Con la aplicación de *Blockchain*, estos beneficios económicos de ven reflejados de muchas maneras.

A diferencia de las plataformas centralizadas, donde los datos, información y beneficios van a parar únicamente a uno de los participantes, generalmente, el que dispone la plataforma, con la tecnología *Blockchain*, esto no sucede así, debido a su carácter distribuido, que permite a todos los usuarios ser recompensados.

En primer lugar, mencionaremos que, debido a la tokenización y las transacciones de “gas”, que es la unidad en que se mide el trabajo realizado en la red, dicho de otro modo, el coste de realizar un operación, todos los participantes de la plataforma distribuida son recompensados, en forma de tokens, por el mero hecho de utilizar el sistema, de ser parte de la plataforma. Esto reporta dinero, en nuestro caso, a los cuatro actores que forman nuestra plataforma: Fabricante o Marca, Autoridad Portuaria, Consignatario y Agentes Operadores. Ya que empleamos un sistema basado en Ethereum, los valores de gas, transacciones y recompensas por ser usuario de nuestro sistema vienen dadas por la criptomoneda Ether, de valor actual cercano a los 100 dólares americanos.



Figura 33: Diferencias de remuneración a la hora de emplear plataformas centralizadas frente a plataformas distribuidas.

En las plataformas centralizadas, como *Google*, *Amazon* o *Apple*, los datos generados por los usuarios generan beneficios millonarios para los gigantes digitales. Sistemas centralizados y opacos para el usuario, no sabemos que sucede con nuestros datos, no se nos remunera por su uso.

Sin embargo, en las plataforma distribuidas, como *Ethereum* o la que proponemos en nuestro proyecto, gracias a la tokenización de las acciones digitales permite medir, interactuar y remunerar a los usuarios por su participación de forma transparente y descentralizada. Los datos son del usuario y en todo momento sabe lo que sucede con ellos.

Este beneficio económico vendría dado simplemente por emplear nuestro sistema distribuido, como incentivo por formar parte y entrar dentro de la plataforma colaborativa.

Sin embargo, esta no es la única manera de reportar beneficios a los integrantes de nuestro proyecto. La remuneración monetaria viene dada de muchas manera, como menor gasto en personal, debido a la automatización, mejor planificación y distribución de los recursos, mejora en los tiempos y, por lo tanto, capacidad para abordar más proyectos y ser más ambiciosos, mejora en la calidad del producto, mejor aprovechamiento del suelo en el caso de la Autoridad Portuaria, lo que reporta dinero directa e indirectamente, ya que no hay necesidad de emplear más superficie y por lo tanto existe un ahorro a futuro, capacidad de recibir ayudas y remuneraciones europeas ya que se está empleando una energía limpia y reduciendo el porcentaje de contaminación de la zona, como veremos más adelante, y varios factores más que se analizarán más en concreto en el apartado [5.1.](#).

Seguridad

La red descentralizada de *Blockchain* nos aporta un nivel de seguridad y confianza imposible de conseguir de otra manera. Debido al carácter de la red, tenemos la certeza de que nuestros datos son inmutables, no pueden ser manipulados, corrompidos ni arrebatados sin nuestro consentimiento.

Aunque parezca paradójico, la clave para conseguir la seguridad de los datos y la información es compartirla, distribuirla y no almacenarla para uno mismo, ya que, de esta manera, solo habría que sobrepasar una barrera para obtenerlos y hacer lo que se quiera con ellos.

Por lo tanto, *Blockchain* aporta este nivel de seguridad a los entes participativos, teniendo la certeza de que los datos introducidos en la aplicación son veraces y no pueden haber sido cambiados por terceros. Además, únicamente los cuatro actores que hemos estipulado pueden acceder a esta información. Ningún agente externo puede hacerse con ella.

Ni siquiera el resto de nodos que forman la red y la plataforma conocen dicha información, ya que una de las claves de *Blockchain* es su cifrado, su encriptado y las pruebas para su verificación, tales como Proof of Work y Proof of Stake.
<http://www.coincrispy.com/2018/03/03/proof-of-work-stake-pow-pos/>

Los nodos reciben un código, siendo ellos ajenos a la información que se guarda en los bloques, ya que los nodos solo están interesados en la validación, no en el contenido que se guarda dentro del bloque. Incluso, aunque así fuese, como hemos explicado, hace falta el consenso del 51% de las partes para validar un bloque, así que no es posible que alguien quiera manipular y corromper un bloque con información, pues su trabajo caería en la nada.

Compromiso con la legislación

Blockchain es una herramienta global, sin embargo, siendo un organismo público como el Puerto de Santander, perteneciente a Puertos del Estado, es nuestro deber el registrar cada acción de manera conjunta con la legislación española.

Las herramientas legislativas y administrativas a veces suponen un escollo para poder operar de manera eficiente, pues se ha de dar el visto bueno de la ley del ámbito donde se está trabajando. Con *Blockchain* no tenemos este problema.

Como hemos dicho, empleando los recursos que nos proporciona *Alastria*, donde adaptan el Quorum de *J.P. Morgan* a la legislación y ámbito español, este escollo se esquivo rápidamente, pues tenemos la certeza de que nuestra plataforma opera con el conocimiento y compromiso hacia la ley vigente en España.

Cabe destacar, además, que la propia entidad, Puertos de Estado, tiene pensado establecer un sistema de *Blockchain*, similar a *Alastria*, pero cernido al entorno portuario, para poder operar de acuerdo a la legislación española. Sin embargo, esto es un proyecto a largo plazo, así que, de momento, emplearemos *Alastria* debido a que lo solventa de igual manera, solamente que aplicado al ámbito privado, y con las ventajas de que ya tenemos acceso y su API y hemos trabajado con su sistema anteriormente en otros proyectos. http://medium.com/@alastria_es/open-call-alastria-2f09f6865717

Localización en tiempo real de la mercancía

Volviendo al tema de localización y rastreo de la mercancía, aplicación de RLTS, combinado con *Blockchain*, nos permite tener conocimiento a tiempo real de la posición y estado de todos los vehículos de la terminal.

Esto beneficia, directamente, en la distribución y gestión de la superficie, como acabamos de explicar, pero tiene otros beneficios indirectos, tales como la prevención contra los robos.

Aunque actualmente han disminuido, en gran medida por el aumento de la seguridad y la instalación de más cámaras, los robos de vehículos en la terminal Ro-Ro eran un motivo de preocupación, debido a su frecuencia y la pérdida de una mercancía de la que eres responsable.

Con la geolocalización, radiofrecuencia y, sobre todo, la tecnología RLTS, la preocupación por este tema disminuye, ya que nuestra plataforma *Blockchain* nos aporta confianza y seguridad en el ámbito de la localización a tiempo real de la mercancía rodada.



Figura 34: Imagen del Puerto de Rotterdam, con la localización, estado y movimiento de toda la carga que pasa por él. <http://www.portofrotterdam.com/en>

Confianza con las marcas y conservación de clientes

El hecho de mantener una plataforma común, de ámbito colaborativo, tanto con la marca o fabricante como con el resto de subcontratas y agentes operadores, establece un nivel de confianza muy elevada a la hora de operar con el Puerto de Santander, sabiendo que están tratando con una entidad honesta, leal, segura y comprometida con los objetivos de la marca.

Esta confianza es un “*plus*” a la hora de elegir nuestro puerto.

Como hemos mencionado, los Puertos del Estado están en continua competencia y el hecho de poder establecer una relación corporativa de confianza con marcas y fabricantes, como Renault, por ejemplo, principal suministrador del Puerto de Santander, ayuda al hecho de mantener el tráfico que todos estos años ha tenido el puerto (incluso a recabar nuevos clientes) y que este no se desvíe a otros, como a la futura terminal Ro-Ro de Bilbao, en busca de servicios que el Puerto de Santander no pueda ofrecer.

Creando esta plataforma colaborativa nos garantizamos la conservación de los clientes que han estado operando en el Puerto de Santander. Esto se consigue gracias a la correcta implementación de *Blockchain*, factor diferencial, y a su inevitable ámbito colaborativo, que fomenta la cooperación entre compañías para el beneficio propio y mutuo, con la consecución de objetivos comunes.

El hecho de cooperar mano a mano con otra entidad se forja, inevitablemente, una confianza y seguridad, dada por una tecnología que “no se apega” y permite establecer una actividad comercial continuada con los clientes habituales.

5. ANÁLISIS

5.1. RESULTADOS

Con todo esto, estimamos una inversión inicial de 150.000€ para poder implementar un sistema de red *Blockchain* en la logística portuaria del puerto, más los gastos mensuales de mantenimiento y trabajo. No obstante, vemos que esa inversión se ve recompensada con un aumento en los beneficios por otras vías, así como en la reducción de trabajos automatizables y la capacidad para recibir subvenciones y ayudas europeas por innovación, sostenibilidad y emprendimiento.

Por otro lado, incidimos en que el presupuesto es una estimación de lo que nosotros consideramos que es un primer nivel de aplicación de una plataforma *Blockchain*. El presupuesto es una proporción directa al grado de implementación que se desee llevar a cabo. La aplicación de *Blockchain* es un proyecto barato que puede ir desde unos pocos miles de euros, invertidos en unos nodos y acceso a las redes, hasta grandes inversiones, muchos más complejas. Estimamos 150.000€ teniendo en cuenta los recursos mínimos necesarios estipulados en el apartado [4.2.](#).

CATEGORÍAS	Porcentaje de Mejora/Inversión necesaria
TIEMPOS	
Tiempo de entrega	reducción del 10%
Tiempo de operación	reducción del 20%
Tiempo de salida	reducción del 20%
Tiempo de obtención de documentos	reducción del 90%
Tiempo entre intercambio de responsabilidades	reducción del 50%
ESPACIO	
Espacio Actual	aprovechamiento del 10%
Nuevo Espacio	innecesario
RECURSOS HUMANOS	
Personal área Blockchain	necesario
Personal trabajos automatizables	innecesario
CAPACIDAD NUEVO TRÁFICO	capacidad para un 10% más
CONTAMINACIÓN	
Reducción CO2 Navieras	reducción del 20% por naviera
Reducción CO2 Camiones	reducción del 10% por camión
Reducción CO2 Ferrocarril	reducción del 20% por ferrocarril
MARKETING Y VISIBILIDAD	
Nuevos clientes	incremento del 10%
Inversión en Marketing	inversión del 5%
SEGURIDAD	inversión del 5%
REMUNERACIÓN ETHEREUM	inversión del 5%
REMUNERACIÓN PROYECTOS EUROPEOS	capacidad para un 10% más
REMUNERACIÓN PROYECTOS SOCIALES	capacidad para un 10% más

5.2. DIFICULTADES EN LA IMPLEMENTACIÓN

Sin embargo, a pesar de todos esos beneficios que se nos presentan a la hora de elegir implementar la tecnología *Blockchain* en nuestro puerto, es cierto que existen varios inconvenientes que impiden o frenan la aplicación de esta innovadora tecnología de manera inmediata.

Colaboración entre entidades

La falta de transparencia que rodea a las compañías, tanto públicas como privadas, a la hora de mostrar y compartir sus datos e información es un gran impedimento a la hora de trabajar en un ámbito colaborativo, donde el dato fluya libremente y esté disponible para todos.

Cambiar esta mentalidad y permitir a los actores participantes intercambiar y compartir datos al instante es un cambio muy brusco y puede que algunas de las entidades no estén de acuerdo. Sin embargo, esta es la forma correcta de implementar *Blockchain*, donde el mirar únicamente por uno mismo y salvaguardar los datos con fuertes medidas de seguridad no son los factores predominantes.

El hecho de no compartir la información puede ser un impedimento y una dificultad a la hora de trabajar con esta tecnología.

Incertidumbre

Bien es cierto que *Blockchain* está dando sus primeros pasos. Está “en fase experimental”. Aunque todo apunta a que la tecnología puede ser un éxito y cambiar por completo los modelos de negocio, las transacciones y cualquier ámbito en el que pueda ser aplicada, imponiendo su nuevo modelo de aquí a unos años, lo cierto es que todavía está siendo probada, con grandes expectativas de éxito, pero aún no es un valor seguro.

La mayoría de expertos hablan de un cambio tan radical el que se avecina con *Blockchain* similar al de la incursión de internet años atrás. Un cambio total en nuestras vidas denominada la “revolución *Blockchain*” como, por ejemplo, los hermanos Tapscott describen en el libro con su mismo título; “Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World”

A pesar de que todo augura un buen futuro a esta tecnología y su convivencia con el ser humano, nada es garantizable y su desarrollo es aún una incógnita, hasta que no dé sus frutos en estos primeros pasos de implementación.

Como vimos, varios puertos, como el de Rotterdam, ya han dado ese paso para estar preparados en caso de que, efectivamente, llegue una obligatoria revolución tecnológica basada en *Blockchain* y sea necesario estar listo para ello. Sin embargo, este es un paso bastante valiente y el factor de incertidumbre echa para atrás a muchos otros, que esperan a que sea un valor rentable seguro y ya contrastado en otros casos.

Sin embargo, bajo nuestro punto de vista es el momento de hacer como el puerto de Rotterdam y dar ese paso valiente, sin miedo a la incertidumbre y a lo desconocido, para implementar Blockchain ahora mismo, a pesar de que, como hemos dicho, está en los primeros pasos de desarrollo fuera del ámbito de las transacciones.

Recursos humanos

Como hemos explicado anteriormente, nuestro objetivo y nuestro proyecto gira en torno a un puerto digital, basado en la automatización de los procesos mecánicos. Estos procesos, actualmente, son llevados a cabo por personas y su empleo depende de ello. Sin embargo, como hemos visto, estos procesos deben de ser realizados por máquinas, que no sienten apego, son objetivas, más eficientes y, sin duda, cometen menos errores que los que puede cometer un humano.

Aún así, esto no significa prescindir del trabajador ni de los recursos humanos. Como decimos en el apartado [1.4.](#), lo que hay que hacer es reconducir y redistribuir los recursos humanos, quitándolo de procesos manuales y automatizables por otros de logística y de dirección de máquinas. El humano debe de ser el encargado de dirigir a la máquina y de dotarla de eso que ella no puede; creatividad, originalidad y factor de cambio que no entra en su concepto de repetición automática.

No obstante, el hecho de eliminar personal o intermediarios, en general, quitar empleo, puede echar para atrás a la hora de tomar la decisión y puede ser una dificultad para la implementación de *Blockchain*. Sin embargo, hay que explicar y hacer entender que no se trata de reducir plantilla o recursos humanos, sino de redistribuirlos, creando nuevos puestos para ellos. Puestos donde su rendimiento sea óptimo, más acorde con las características humanas y con el binomio hombre + máquina.

Problemas en el cambio de sistema

Como dijimos en apartados anteriores, la correcta implementación de *Blockchain* en el sistema corporativo pasa por un cambio en el sistema de gestión, en la gobernanza, cambiando de un sistema jerárquico y vertical a uno colaborativo. Pasar de cadena a red.

Este es uno de los pasos más importantes y más difíciles de implementar, pues el inmovilismo, la conformidad y, por qué no decirlo, el miedo, impide afrontar nuevos desafíos o llevar a cabo cambios disruptivos. No obstante, estos cambios son necesarios e imprescindibles para una correcta implementación. La colaboración y el cambio en la gobernanza son prácticamente exigidos para poder obtener la máxima eficiencia y emplear correctamente las oportunidades que nos aporta la tecnología *Blockchain*.

Como explicamos en el apartado [3.3.](#), simplemente aplicando *Blockchain* lo que estaremos haciendo es emplear una tecnología innovadora y disruptiva pero no estaremos sacando el máximo provecho. No será una implementación completa.

Por todo ello, en el siguiente capítulo nos dedicaremos a tratar el tema de la gobernanza y el ámbito colaborativo más en profundidad, para ver ejemplos que se desarrollan hoy en día en el sistema empresarial y para perder ese “miedo” a un cambio de sistema que, como explicamos anteriormente, no tiene nada que ver con eliminar direcciones o prescindir de directivos, que puede ser a lo que suene en un principio, pero nada más lejos de la realidad.

Se trata de una adaptación al ámbito colaborativo, eliminando los rozamientos en la toma de decisiones e, incluso, podríamos asimilar el propio sistema a la tecnología *Blockchain*, donde se prescinda de pérdidas de tiempo e intermediarios, acercándose a una red y más en concreto a una red distribuida.

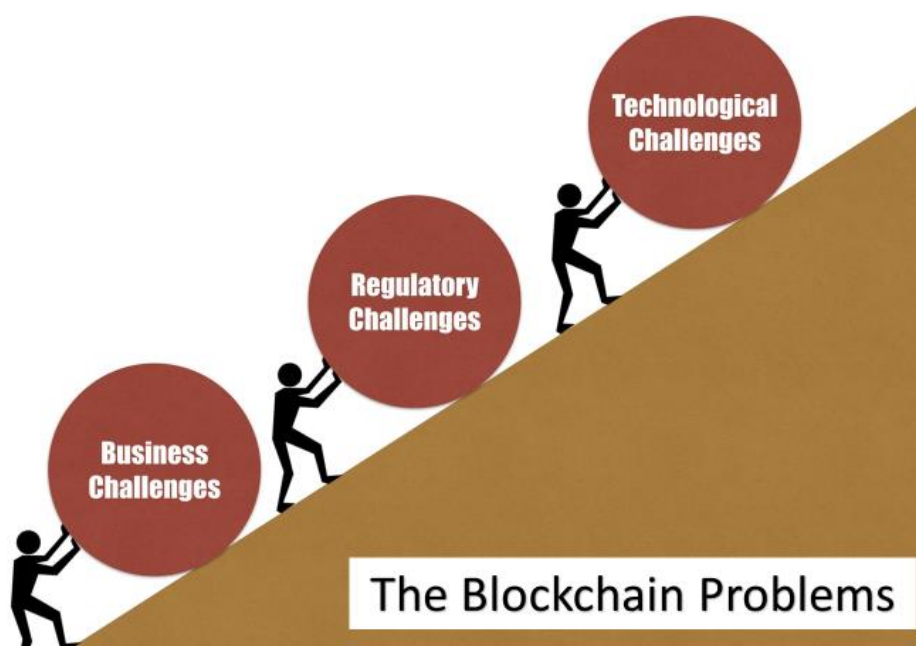


Figura 36: Los problemas actuales de Blockchain, piedras en el camino para su implementación completa.

6. ÁMBITO COLABORATIVO

6.1. GOBERNANZA

El término gobernanza es por todos conocido. Sin embargo, en este apartado nos centraremos en la toma de decisiones y la ejecución de las mismas.

Como hemos mencionado, el sistema corporativo actual presenta un sistema jerárquico y vertical y, nuestro objetivo, y uno de los de este proyecto, es sustituir este sistema vertical, esta cadena, por una red descentralizada y colaborativa, donde la toma de decisiones se lleve a cabo en diferentes parcelas y sin necesidad de que pase a un nivel inferior desde otro superior para que pueda llevarse a cabo. Transformando la cadena en red, eliminamos estas interacciones e intermediaciones innecesarias, con el fin de reducir tiempos y acomodarnos a un sistema, basado en la colaboración y la confianza, necesario e imprescindible para el correcto desarrollo de *Blockchain* en el ámbito privado.

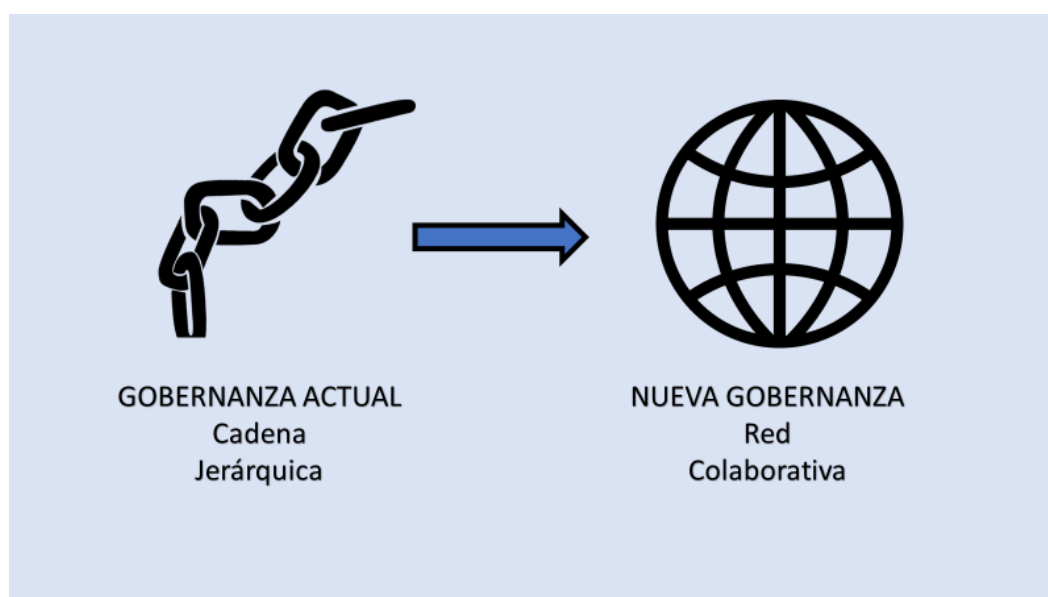


Figura 37: Cambio de gobernanza, de un sistema jerárquico a uno colaborativo. De cadena a red.

De la gobernanza jerárquica y vertical del sistema actual se ha de pasar a una red descentralizada, análoga a *Blockchain*, cuyas características básicas sean la asociación e interdependencia y la toma de decisiones sea distribuida, sin rozamientos, tomadas, independientemente por cada uno de los actores que le corresponda.

Por su puesto, esto conlleva una dirección, una guía, que marque los objetivos de la compañía o ente, que dicte la normativa a seguir y gestione y organice cada ámbito, cada parcela. Por su puesto, los diferentes escalafones, rangos o puestos de responsabilidad siguen existiendo, pero ven su trabajo reducido a la implementación, dirección y gestión en los primeros niveles, sin que sean los responsables durante todo el proceso, acción que solamente genera vacíos y tiempos muertos o de espera.

Con este nuevo sistema de gestión, la adopción a *Blockchain* es posible.

La toma y ejecución de decisiones se lleva a cabo, únicamente, en el ámbito necesario. Posteriormente, por supuesto, se comparte, pues ese es uno de los factores fundamentales del nuevo sistema corporativo, donde la información y los datos fluyen sosegadamente por la red. Como directivos, una de las responsabilidades radica en la delegación, habiendo marcado previamente el rumbo a seguir y los objetivos por conseguir. Con todo esto, se consigue un mayor aprovechamiento de la inteligencia colectiva y del espíritu colaborativo, términos clave para entender e implementar *Blockchain* de manera correcta, lo cual nos lleva directamente al siguiente punto; la colaboración.

Pero se trata de la colaboración entre diferentes entidades, no solamente dentro de una sola, lo cual ya se da por resuelto con el nuevo sistema corporativo y el nuevo ámbito de gobernanza.

La red ha de extenderse, no solo internamente, sino externamente, llevando la cooperación y el compartir datos e información a un nuevo nivel, basado en la confianza y colaboración con el fin de beneficiarse todos del empleo de este nuevo sistema.

6.2. COLABORACIÓN

La colaboración, como vemos, es indispensable, necesaria, para el trabajo entre diferentes entidades con un objetivo común o con diferentes objetivos, pero de manera que todos los actores obtengan un beneficio.

En la aplicación de *Blockchain* este es un paso crucial para su correcta implementación y desarrollo.

Desde el punto de vista de la Autoridad Portuaria, existe una pequeña ventaja al ser la entidad que gobierna el Puerto de Santander, desde un punto privilegiado, aspecto que le permite establecer las reglas y llevar al resto de agentes a este ámbito colaborativo. Sin embargo, sin consenso y aceptación por parte de todas las partes, la colaboración se torna difícil, por eso, establecer este punto debería ser prioritario a la hora de llevar a cabo este proyecto.

Para que el ambiente sea colaborativo, el dato y la información ha de fluir, libremente, sin fricciones, a lo largo de la red *Blockchain* y de la plataforma colaborativa entre entidades. Permitiendo al resto de agentes colaboradores conocer el dato, todos van a beneficiarse mutuamente de él. Sin embargo, este espíritu de colaboración y de cooperación, compartiendo datos y valores privados de una compañía o entidad es algo difícil de lograr, debido al sistema corporativo actual, donde el dato se protege de manera excesiva y, como hemos explicado, esta no es la mejor manera de mantenerlo seguro a términos de hacer el dato incorruptible.

Precisamente, una de las dificultades de establecer este sistema colaborativo es la confianza. La confianza en el método y en los agentes colaboradores, siendo suspicaz de que el dato no pueda ser corrompido o manipulado. Con *Blockchain*, este problema desaparece, ya que, por la naturaleza de la propia tecnología, la confianza, seguridad e inmutabilidad vienen dadas, de la mano, por el mero hecho de aplicar *Blockchain*.

Sin embargo, esto se ha de hacer entender a los actores de la red para poder llevar a cabo esta plataforma colaborativa radica en *Blockchain*. Para ello, hay que explicar cómo funciona la red, qué datos toma, para qué van a ser empleados y, en todo momento, hay que hacer hincapié en el hecho de que los datos y valores introducidos son inmutables, validados y procesados por agentes externos, en un ámbito también de colaboración, donde las partes tienen que dar el visto bueno, siendo un bloque aceptado por la mayoría, por miles de usuarios, ajenos al trabajo y los intereses, tanto del puerto como de las compañías de la cadena y que su único objetivo es validar dicho bloque para recibir ellos una recompensa monetaria en su wallet. Además, los contratos y transacciones se presentan en forma de código, encriptados, por lo que la seguridad es total.

De esa manera, damos el primer paso, ese incentivo para conseguir el desarrollo en la aplicación de una tecnología nueva e innovadora que necesita de la cooperación entre partes para que pueda ser correctamente implementada y establecida, consiguiendo con el tiempo que este problema de colaboración se resuelva automáticamente, aportando y obteniendo todas las entidades, confianza.



Figura 38: Ámbito colaborativo, donde cada actor es un engranaje que permite que gire el mecanismo, solamente si giran todos a la vez, de manera conjunta.

Uno de los mayores exponentes de colaboración y que se nutre de las nuevas tecnologías para ello lo encontramos precisamente en el ámbito de la ingeniería. BIM. Building Information Modeling.

BIM es una metodología de trabajo colaborativa para el desarrollo y creación de proyectos constructivos. Valiéndose de la innovación y los nuevos softwares se permite pasar del 2D a las 7 dimensiones en un estado de madurez del BIM de nivel 3. Los niveles de madurez del Building Information Modeling fueron propuestos por el Reino Unido, hace varios años, basándose en los modelos de Bew-Richards, donde se proponen los componentes, las dimensiones y, efectivamente, la madurez de cada uno de los niveles del BIM.

Actualmente, se trabaja de manera habitual en un nivel 2 de desarrollo de BIM, que ha sustituido el antiguo sistema de trabajo y proyectos mediante planos que pasaban de uno a otro de manera lineal. Ahora, cada vez más, se trabaja en BIM, permitiendo a la logística constructiva y de diseño salvar muchos escollos, precisamente gracias a la colaboración.

En un estado de mayor madurez del BIM, en el nivel 3, aún sin alcanzar plenamente, en un primer estadio de desarrollo, encontramos el trabajo mediante la colaboración integrada, donde varios trabajadores o entidades trabajan de manera cooperativa y conjunta sobre un mismo modelo. Un único documento donde cada uno lleva a cabo su tarea junto a los demás integrantes. Con ello, se consigue salvar una gran cantidad de tiempo, evitar problemas con la compatibilidad, comunicación y, en general, muchos de los objetivos que planteamos nosotros en este proyecto para el ámbito portuario y la tecnología Blockchain. Como vemos, la colaboración, en un futuro cercano, va a ser imprescindible y necesario para trabajar y desarrollarse.

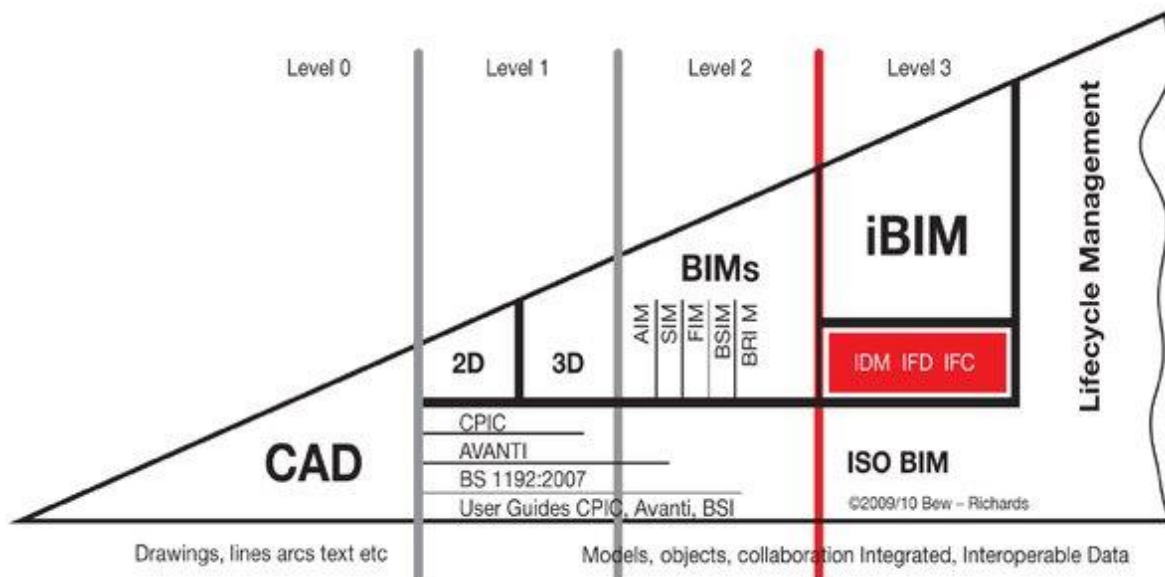


Figura 39: Niveles de madurez del BIM, siguiendo el modelo Bew-Richards. En el último nivel está la colaboración integrada.

De hecho, como propone el Instituto Tecnológico de Dublín en su trabajo “Una Solución para el Problema de la Confianza en la Colaboración”, uno de sus principales objetivo es la cooperación de BIM + Blockchain para conseguir salvar precisamente ese problema, el problema de la confianza. Como bien explican, reafirmando lo que hemos intentado mostrar a lo largo de este proyecto, la aplicación de *Blockchain* aporta, por su carácter intrínsecamente desapegado y distribuido, confianza. La confianza necesaria para poder llevar a cabo un proyecto o trabajo sabiendo que la información, datos y valores introducido son inmutables, imposibles de manipular y veraces. Por lo tanto, *Blockchain* necesita y fomenta la colaboración, salvando el problema de la confianza a nivel de datos. Con este trabajo, intentamos y animamos a solventar el problema de confianza en entidades y agentes externos, centrándonos en la obtención de un objetivo común y mostrando que todas las partes pueden sacar beneficio de un ambiente colaborativo.

7. OTROS ÁMBITOS DE APLICACIÓN

7.1. TRANSPORTE

La logística en el transporte es un ámbito muy amplio y el tráfico Ro-Ro es solamente una pequeña parte de toda la cabida que tiene *Blockchain* en este sector.

Por ejemplo, los contratos inteligentes están empezando a ser empleados en el ámbito del transporte y la paquetería, donde las grandes compañías empiezan a intentar eliminar los tiempos vacíos de la mejor manera para poder dar un mejor servicio al cliente y que su pedido llegue en cuestión de horas y no varios días, como hasta hace muy poco. Debido a la gran competencia entre los gigantes corporativos, la vía de la aplicación de *Blockchain* y los Smart Contracts está siendo explorada para, al igual que en nuestro puerto, reducir drásticamente los tiempos de espera.



Figura 40: Diagrama de la aplicación de *Blockchain* y *Smart Contracts* en el almacenamiento y envío de paquetes.

Este ejemplo es muy parecido al de nuestro proyecto, solamente que sustituyendo paquetes, pedidos o contenedores por vehículos y transporte rodeado. La idea es la misma, un bien que ha de pasar por varias manos y varias fases hasta llegar a su receptor final, el cliente. Además, al igual que nuestro trabajo, la aplicación de *Smart Contracts* radica en la reducción del tiempo entre el paso de un eslabón a otro de la cadena y con una colaboración entre entidades muy importantes.

En otro ámbito del sector de los transportes en la ingeniería civil encontramos el término *MaaS*, de las siglas en inglés, *Mobility as a Service*.

La movilidad como servicio es una nueva idea, introducida en el ámbito de las ciudades, que se basa en la gran cantidad de datos que genera una persona o grupo de personas con el simple hecho de desplazarse y emplear un modo de transporte. *MaaS*, al estar basado en datos masivos, la conocida *Big Data*, está inevitablemente ligado a *Blockchain*, una manera y plataforma de gestionar estos datos y de aportar ese factor de seguridad y confianza.

Gracias a esta cooperación entre *MaaS* y *Blockchain*, la movilidad es susceptible de cambiar en gran medida, especialmente en ciudades medianas y grandes, de aquí a unos años.

Todo esto, combinado con la llegada de coches eléctricos, Smart Cities, sensores, procesamiento masivo de datos, nuevos servicios como *Uber* o *BlaBlaCar* y, en un futuro algo más lejano pero que otea por el horizonte, los coches autónomos, modificará totalmente el desplazamiento por la ciudades. El transporte se verá afectado y la forma de operar con todos esos datos para obtener un modo de desplazamiento, de manera casi inmediata, y con la confianza de que el modo es seguro y la vía que se toma es la óptima es gracias a la aplicación de *Blockchain* a la hora de gestionar todos estos datos.

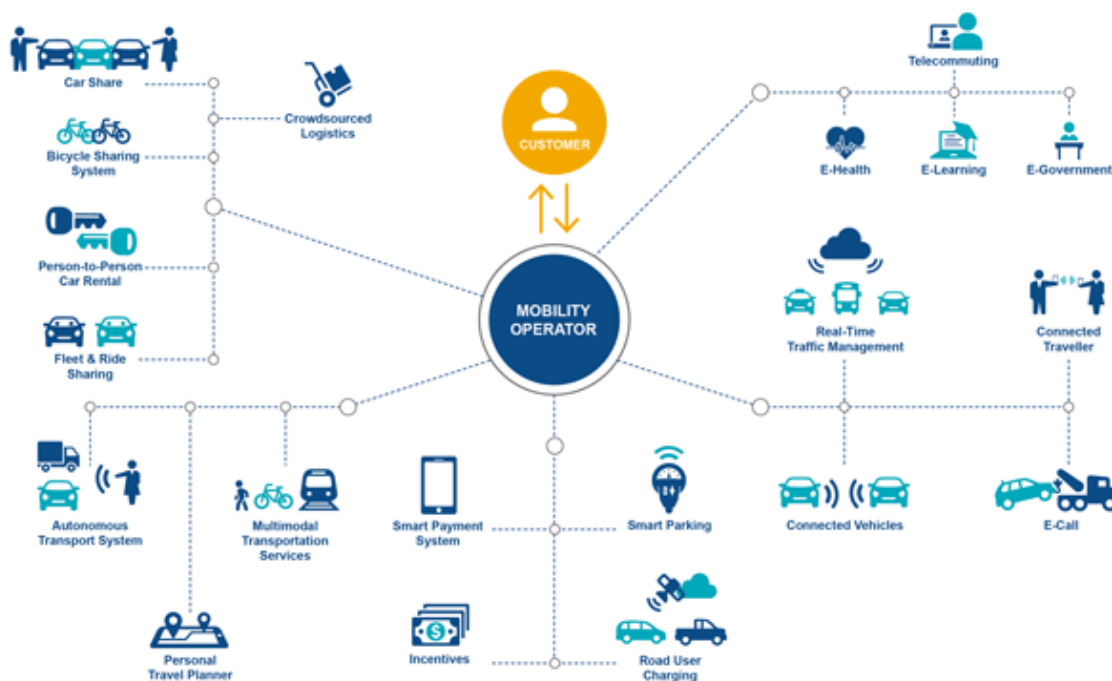


Figura 41: Diagrama de la Movilidad como Servicio y todos los actores que juegan un papel en este sistema.

7.2. FINANZAS

Tal vez, el sector en el que más establecido esté la aplicación de *Blockchain*.

Una de las principales características que *Blockchain* pretende instaurar es la eliminación de intermediarios y los bancos tal vez sean los intermediarios por excelencia.

El hecho de tener un método de pago y almacenamiento de dinero, sin comisiones, sin pérdidas de tiempos y con la total confianza de que nuestros datos y valores monetarios están siendo tratados de forma segura supusieron una revolución en el ámbito de las finanzas con la llegada de las criptomonedas, sustituyendo al papel y los metales como forma de pago confiable.

Tal es su papel que, poco a poco, están cambiando la economía y ya se han asentado como método de pago y de finanzas confiables.

Su máximo exponente es el conocido *Bitcoin*, criptomoneda que alcanzó los 20.000 dólares americanos, lo cual, es altamente significativo.

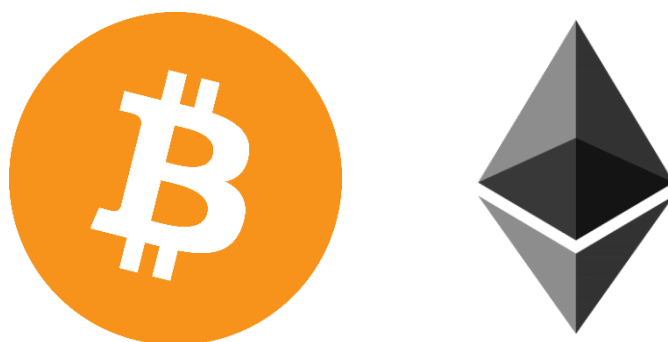


Figura 42: Símbolos de Bitcoin y Ethereum, dos de las criptomonedas más famosas y valiosas.

Sin embargo, existen muchas más criptomonedas a parte de *Bitcoin* y su papel es el mismo, una forma de pago, de hacer transacciones y operar sin necesidad de bancos. Y todas ellas se sirven de una red de cadenas de bloques que dota a todos sus datos de veracidad y proporciona seguridad y confianza a su usuario, lo que hace que incremente el número de clientes y de servidores de dichas plataformas al ser recompensados, tanto con incentivos monetarios, como por esos factores de seguridad y confianza que hemos mencionado anteriormente.

Ethereum, una de las redes de *Blockchain* más grandes que existen es, precisamente, la red en la que decidimos instalar nuestra plataforma y operar nuestro Smart Contract (aunque sea una adaptación española). Como red de *Blockchain* que permite transacciones, otorga a cada usuario su wallet y remunera con su propia criptomoneda, el Ether, aunque comúnmente se le llama Ethereum también a la moneda.

Existen muchas más; Ripple, Monero, Litecoin, Dash, OneCoin... Todas ellas, inseparables de la tecnología *Blockchain*.

Como decíamos al principio, mucha gente aún es ajena a la existencia de *Blockchain* y algunas asocian *Blockchain* con *Bitcoin*, pero, a lo largo de este proyecto, hemos mostrado como diferenciarlo y entender que *Bitcoin* es una criptomoneda y *Blockchain* la tecnología que está detrás y su aplicación impacta a muchos ámbitos diferentes, con el objetivo de que, al igual que su irrupción en el mundo de las finanzas, acabe siendo un éxito.

Bitcoin es la prueba de que esto es posible y no necesariamente en un futuro muy lejano. El éxito y el cambio que *Blockchain* trajo al mundo de las finanzas puede ser fácilmente extrapolable a otros ámbitos.

7.3. EDUCACIÓN

La educación es susceptible de sufrir un cambio radical, como ya la cambiasse la llegada de internet y la metodología “online” no presencial.

Ahora, con *Blockchain*, esos cambios pueden amplificarse, ya que puede surgir un nuevo modelo de educación donde los intermediarios no tengan sentido y el conocimiento se analice y se califique de otra manera, huyendo ya del todo del contenido en papel.

Ese cambio aún se percibe lejano, pero, lo cierto es que algunas entidades educativas, sobre todo universidades, están comenzando a implementar investigación y aplicación en el entorno de la educación, en concreto, en su ámbito aplicativo.

Algunas simplemente están en un primer estadio de investigación, como Oxford o Stanford, que, aparte de contar con centro de desarrollo de *Blockchain*, están invirtiendo en proyectos innovadores acerca esa tecnología.

Además, muchas universidades están comenzando a impartir cursos y masters sobre dicha tecnología, viendo la importancia que se le espera en un futuro y siendo conscientes de que el ámbito educativo es uno en los que puede tener un gran impacto y gran cabida. Un ejemplo de ellos es el que impartirá la propia universidad de Oxford junto con Saïd Business School. <http://www.sbs.ox.ac.uk/programmes/oxford-blockchain-strategy-programme>

Existen proyectos incluso más ambiciosos por parte de las universidades, en su decisión por formar a los estudiantes en esta tecnología, y se han decido a aplicar o proponer un nuevo sistema de estudios, evaluación y una comunidad colaborativa *Blockchain*, que es donde radica el máximo exponente de la tecnología, donde varios de los actores que forman el ámbito educativo cooperan con un objetivo común, la educación y enseñanza, empleando una plataforma *Blockchain*, de metodología similar a la propuesta en este trabajo, pero exportada al entorno de la educación.

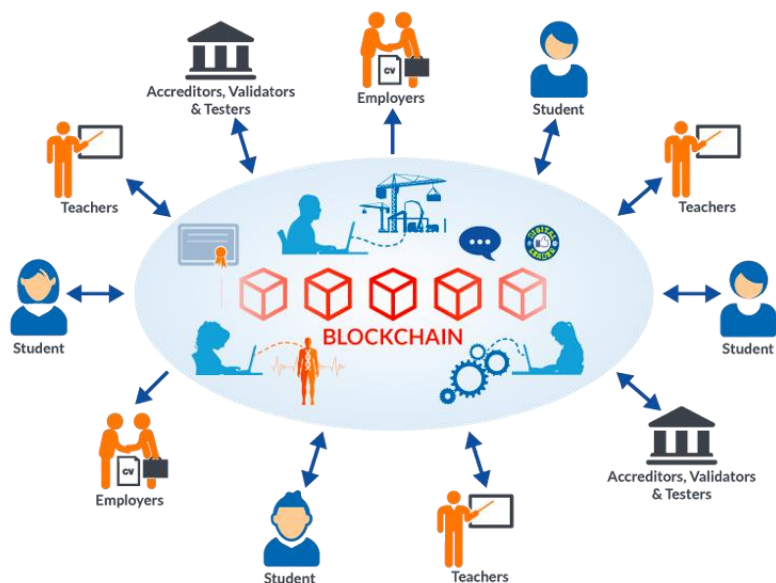


Figura 43: Sistema Blockchain aplicado a la educación y la enseñanza.

7.4. AUTORÍAS

El ámbito de las autorías es uno en los que más confianza, seguridad y veracidad tiene que existir, para tener la certeza de que una creación pertenece, de manera real, evidente, palpable e incuestionable, a su autor, a su creador.

De nuevo, nos encontramos con las características innatas de las tecnología *Blockchain*. Su red distribuida y su capacidad de otorgar estos valores, en forma de verificación de bloques, que corroboran que los datos introducidos en la red son, efectivamente, inmutables.

Gracias a esto, varios proyectos se están llevando a cabo en el entorno de las autorías.

Por ejemplo, en el entorno de la música, es necesario la expedición de dos códigos, el ISRC, International Standard Recording Code, para el registro de canciones y el código UPC, Universal Product Code, o EAN, que el número que con el que queda registrado un álbum, LP, disco o cualquier conjunto físico de canciones. Estos códigos únicamente los puede expedir una marca o firma, por lo que, para poder distribuir la música otorgando la autoría, antes es necesario el contrato con una marca musical para poder ser el autor de tus composiciones.

Con *Blockchain*, este intermediario, hasta ahora necesario, desaparecería. Además, la firma de un contrato con una marca musical no está al alcance de cualquiera, ya que se valen de su posición dominante para cobrar un alto precio por su servicio de autoría y distribución, precio que músicos amateur o que están empezando no son capaces de pagar sin hacer sacrificios, aparte de que luego la firma se queda un porcentaje de los derechos para ella.

Con la aplicación de *Blockchain*, varios proyectos de este ámbito pretenden solventar este problema y dotar al creador de su autoría de manera inmediata, únicamente introduciendo sus datos en la red *Blockchain*, que certifica que, efectivamente, uno es el autor, sin necesidad de recurrir a caros procesos administrativos y abusivos.



Figura 44: Aplicación de Blockchain al ámbito musical para asegurar la autoría de los creadores.

De manera muy similar, este hecho ocurre también en las autorías de libros o documentos de lectura o información, donde el autor ha de pasar por varios organismos administrativos, así como una firma o editorial para poder distribuirlo y que le otorgue un derecho de creación que debería ser inmediato y sin necesidad de intermediarios.

La necesidad de un IBAN, en el caso de un libro o de otras herramientas de copyright han hecho que surjan también varios proyectos basados en *Blockchain* para asegurar las autorías, sobre todo, al igual que antes, a quien no puede afrontar el pagar las abusivas clausulas de los registros de derechos de autor.

También ocurre con la autoría de fotos, como en el proyecto [binded](#), que se encarga de proveer esa autoría digital, volcando la información y documentos en la *Blockchain*, creando un registro inmediato que pueda probar quién es el autor de una creación.

7.5. OTROS

Aunque solo sea a título informativo, otros datos de interés en otros ámbitos, a nivel global:

- La compañía IBM (International Business Machines) ha invertido en más de cuatrocientos proyectos que giran en torno a *Blockchain*.
- El Reino Unido trabaja en un proyecto de sistema de pensiones que emplee *Blockchain* para su registro.
- Dubái pretende ser el primer estado cuyo gobierno esté basado en *Blockchain*.
- El MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts), uno de los más prestigiosos del mundo a nivel de I+D y de empleo tecnológico, está desarrollando un proyecto de registro sanitario basado en *Blockchain*.
- Se está creando una plataforma que dé acceso a la educación a niños de cualquier parte del planeta, empleando la tecnología *Blockchain* como núcleo central de operación.
- Muchos otros que están por venir en un futuro inmediato.

8. CONCLUSIÓN

La aplicación de tecnología *Blockchain* al tráfico rodado del Puerto de Santander nos ayuda a solventar el problema de superficie existente en la terminal, especialmente en el área de importaciones, consiguiendo mejorar su rendimiento.

Además, la aplicación de una plataforma basada en *Blockchain* y Smart Contracts trae consigo otra serie de beneficios como la mejora en los tiempos, la mejor localización de la mercancía, el ahorro en recursos humanos en labores automatizables, menor contaminación, más visibilidad a nivel nacional e internacional, capacidad para captar un nuevo tráfico a la vez que se conserva el actual y se dispone el puerto para un futuro cercano en el que puede que la tecnología *Blockchain* sea necesaria para operar.

La cooperación entre Smart Contracts y sistemas RTLS permite al puerto adquirir la capacidad de automatización, siendo mucho más eficiente y beneficiando al receptor final del servicio, el cliente.

Por una parte, la inversión necesaria para llevar a cabo este proyecto es pequeña. Estipulamos un presupuesto necesario para su implementación, pero esta inversión puede ser menor o mayor, depende del grado de aplicación que se pretenda conseguir. En cualquier caso, no es un proyecto caro y su inversión se ciñe prácticamente a una inversión inicial (exceptuando salarios de personal). Una vez realizado dicho gasto, los beneficios no tardan en llegar, de manera continua, recuperando en poco tiempo la cantidad invertida.

Por otra parte, es cierto que hay una serie de inconvenientes, la mayoría ligados a la forma de implementación, donde el establecimiento de una plataforma donde varias entidades colaboren y trabajen juntas por la obtención de beneficios comunes es algo innovador y disruptivo, poco presente en la actualidad con el sistema corporativo vigente. Además, la tecnología *Blockchain* aún está en un estado experimental más allá del ámbito de las finanzas y eso aporta un factor de incertidumbre que puede retrasar su llegada completa.

No obstante, consideramos que este es el momento de llevar a cabo esta implementación, siendo valientes y ambiciosos, aunque no sea al máximo nivel, con la puesta en marcha de nuestra plataforma colaborativa basada en Smart Contracts que permita la entrada de esta tecnología en la logística del puerto y posibilite el desarrollo mutuo, tanto de *Blockchain* en este ámbito como de nuestro puerto. El hecho de competir con otros puertos cercanos por un mismo tráfico convierte la aplicación de esta tecnología en una necesidad.

El Puerto de Santander tiene que adaptarse y evolucionar para conseguir mantener e, incluso, aumentar su tráfico actual y *Blockchain* puede ser la herramienta que haga esto posible.

9. REFERENCIAS

- PUERTO DE SANTANDER (2018) <http://www.puertosantander.es/>
- PUERTO DE SANTANDER, Nota de Presa (2017)
http://www.puertosantander.es/ing/notas_prensa.aspx?idElemento=1622&Tipo=MedioComunicacion&origen=home.aspx&modo=detallar
- GEEKSME (2018) <https://www.geeksme.com/>
- PUERTO DE ROTTERDAM (2010)
<http://logisticaportuariacbn.wordpress.com/puerto-de-rotterdam/>
- HAVENBEDRIJF ROTTERDAM N.V. (2018)
<http://www.portofrotterdam.com/>
- MÓNICA VÁZQUEZ RUIZ (2013) <http://www.dw.com/es/puerto-de-hamburgo-modelo-de-exportaci%C3%B3n/a-16740132>
- VALENCIAPORT (2018) <http://www.valenciaport.com>
- ELECONOMISTA (2018)
<http://www.eleconomista.es/valenciana/noticias/9250942/07/18/Bonet-Camara-Espana-El-blockchain-supone-una-oportunidad-para-transformar-la-cadena-logistica-de-los-puertos.html>
- TRADELENS (2018) <http://www.tradelens.com>
- MAERKS (2018) <http://www.maersk.com>
- JAVIER PASTOR, XATAKA (2017)
<http://www.xataka.com/especiales/que-es-blockchain-la-explicacion-definitiva-para-la-tecnologia-mas-de-moda>
- T-SYSTEMS IBERIA (2018)
<http://www.youtube.com/watch?v=5bJBHf7o3w0>
- INTERNETYA (2018) <http://www.internetya.co/que-es-y-para-que-sirve-una-api/>
- JEAN-PAUL RODRIGUE (2017) <http://transportgeography.org>
- PUERTO DE ALGECIRAS (2017) <http://innovacion.apba.es/brainport-analytics/>
- BIT2ME (2015) <http://academy.bit2me.com>
- ESTEBAN CHINER (2018)
<http://blog.gft.com/es/2018/03/02/conectando-a-blockchain-como-crear-nuestra-propia-cadena-de-bloques-privada/>

- *EUROPAPRESS* (2018) <http://www.europapress.es/cantabria/noticia-sodercan-aps-trabajan-proyecto-impulsar-startups-sector-portuario-20181019165334.html>
- *CRIPTONOTICIAS* (2015) <http://www.criptonoticias.com/informacion/que-es-una-cadena-de-bloques-block-chain/>
- *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA* (2017) <http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/6694/pfc-dia-est.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- *ETHEREUM* (2018) <http://miethereum.com/smart-contracts/solidity/>
- *ALASTRIA* (2018) <http://alastria.io>
- *ALASTRIA OPEN CALL* (2018) http://medium.com/@alastria_es/open-call-alastria-2f09f6865717
- *GITHUB Inc* (2018) <http://github.com/ethereum>
- *TRIBALYTE* (2018) <http://tech.tribalyte.eu/blog-introduccion-a-la-programacion-de-un-smart-contract>
- *REMIX* (2018) <http://remix.ethereum.org/>
- *POSTMAN* (2018) <http://www.getpostman.com/>
- *ADUR* (2018) <http://www.adur.com/portfolio/agencias-maritimas-consignatarias/>
- *SOLIDITY* (2018) <http://solidity.readthedocs.io>
- *ETHEREUM* (2018) <http://ethereum.stackexchange.com>
- *NORA GERMAIN* (2014) <http://medium.com>
- *MEENAKSHI KRISHNAN* (2018) <http://www.business2community.com>
- *SAÏD BUSSINESS SCHOOL* (2017) <http://www.sbs.ox.ac.uk/programmes/oxford-blockchain-strategy-programme>
- *MINISTERIO DE FOMENTO* (2016) *El lenguaje del Transporte Intermodal. Vocabulario Ilustrado.*
- *JEAN-PAUL RODRIGUE* (2017) *The Geography of Transport Systems.* ISBN: 978-1138669574
- *MARISSA OUDE WEERNINK, WILLEM VAN DEN ENGH, MATTIA FRANCISCONI, FRIDA THORBORG* (2017) *The Blockchain Potential for Port Logistics.*

- *MALACHY MATHEWS, DAN ROBLES, BRIAN BOWE, Instituto Tecnológico de Dublín (2017) BIM+Blockchain: A Solution to the Trust Problem in Collaboration?*
- *INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM (2018) Blockchain and Beyond: Encoding 21st CenturyTransport*
- *IMANOL DÍAZ DE CERIO Y SOTELO (2017) Estudio Para La Logística De Atrake Roll-On / Roll-Off En El Puerto De Cartagena*
- *NATIONAL SOCIETY OF PROFESSIONAL ENGINEERS (2015) Blockchain Technology: Implications and Opportunities for Professional Engineers*
- *MIGUEL ÁNGEL PESQUERA GONZÁLEZ, JAIME LUEZAS ALVARADO, PABLO COTO MILLÁN, JUAN CASTANEDO GALÁN (2017) Menos Vacíos Y Más Puerto Con La Tecnología Blockchain*
- *CÁMARAS.ORG (2012) Documentos de Transporte*
- *JOSÉ LUIS GUERRERO DELGADO (2016), Las cadenas logísticas en el tráfico de vehículos: El caso del Puerto de Santander*
- *OXFORD UNIVERSITY (2018) Woolf, Building the First Blockchain University*
- *MATTIA FRANCISCONI (2017) An explorative study on blockchain technology in application to port logistics*
- *CONCEPTUAL KNOWLEDGE LOGISTICS AND TECHNOLOGY S.L. (2018) LIFE Environment and Resource Efficiency*